

第13回
極域における電離圏磁気圏総合観測
シンポジウム講演要旨

The 13th Symposium
on Coordinated Observations of the Ionosphere
and the Magnetosphere in the Polar Regions

Programme and Abstracts

1990年1月23日～1月24日
January 23～January 24, 1990
/

国立極地研究所

National Institute of Polar Research
Tokyo, Japan

第 1 3 回
極域における電離圏・磁気圏
総合観測シンポジウム
プログラム

1990年1月23日(火) 10時00分～18時00分

1月24日(水) 9時30分～18時00分

会場： 国立極地研究所 管理棟6階講堂

主催： 国 立 極 地 研 究 所

第13回 極域における電離圏・磁気圏総合観測シンポジウム

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
所 長 按 拶	I. 磁気圏・ 電離圏結合 1～7	昼 食	II. オ ー ロ ラ と 関 連 現 象 8～14	休 憩	III. 1989年10月21日 の低緯度オーロラ 現象 15～20	IV. 将来計画 21～26			懇 親 会 研 究 棟 2 階 講 義 室	

1月23日(火)

10	11	12	13	14	15	16	17	18
V. EXOS-D観測 27～33	VI. ULF 波動 34～36	昼 食	VII. 地磁多 点観測 37～43	休 憩	VIII. ELF-VLF 波動 44～49	IX. 電離層擾乱 50～55		

1月24日(水)

講演時間：講演12分 討論3分（第1鈴10分、第2鈴12分、第3鈴15分）

国立極地研究所
第13回極域における電離圏・磁気圏総合観測シンポジウム

1990年1月23日・24日
極地研究所 6階講堂

1月23日(火曜日) 10:00~18:00

挨拶 星合孝男 国立極地研究所長

I. 磁気圏・電離圏・熱圏結合(10:10~11:55) 座長 荒木 徹(京大・理)

1. 極磁気嵐 Birkeland 電流系に対して不当評価が行われた史実
福島 直
2. DE-2で観測されるカスプ周辺領域に局在化した Region 1 沿磁力線電流
田口 聡(京大・理), 杉浦正久(東海大・開発技研),
冢森俊彦(京大・理), J.A. Slavin (NASA GSFC)
3. 電離層沿磁力線電流領域における磁場擾乱の小規模成分の偏波
石井 守(京大・理), 杉浦正久(東海大・開発技研),
冢森俊彦(京大・理), N.C. Maynard (AFGL), J.A. Slavin (NASA/GSFC)
4. Polar cap AE index
S. Saroso(京大・理), 杉浦正久(東海大・開発技研),
冢森俊彦(京大・理), 荒木 徹(京大・理)
5. 磁気圏・電離圏擾乱に対する熱圏の反応特性
— 中性温度の緩和時間と冷却機構 —
前田佐和子(大阪短大)
6. モデル計算によるプラズマシート磁気赤道面粒子空間分布と
ドリフト電流の発散の関係
池辺 洋(電通大), 江尻全機(極地研), 芳野起夫(電通大)
7. 磁気圏構造に対する Bx およびダイポール傾斜角の効果
南 繁行, 橋本久美子(大阪市立大), 竹屋芳夫, 山崎直人(中部大)

II. オーロラと関連現象(13:00~14:45) 座長 上出洋介(京都産業大・理)

8. 大容量オーロラ画像データ解析システム (ARSAD)
小野高幸, 平澤威男(極地研)
9. ARSADを用いたオーロラ動態の解析
六山弘一(電通大), 平澤威男, 小野高幸(極地研)
10. オーロラ立体画像の解析手法について (II)
麻生武彦, 橋本 岳, 安陪 稔(京大・工), 江尻全機, 山岸久雄,
小野高幸(極地研)
11. 降下電子データによるオーロラ発光量の定量計算
塩川和夫, 福西 浩(東北大・理), 小野高幸(極地研)
12. 極冠域ニューオルソンにおけるマルチビームリオメータ観測
西野正徳, 佐藤 貢, 田中義人, 小口 高, 松浦延夫(名大・空電研),
山岸久雄(極地研), A. Egeland(オスロ大)
13. オーロラ吸収の極冠域への発展について — 1988年9月22日, 23日の解析例 —
山岸久雄(極地研), P. Stauning (DMI), 巻田和男(拓殖大・工)
14. 南極と北極の緯度対称位置における中間圏ナトリウム層の
ライダー観測結果の比較
野村彰夫(信州大・工), U. Von Zahn, G. Hansen (Univ. of Bonn)

III. 1989年10月21日の低緯度オーロラ現象 (15:00~16:30)

座長 岡野章一(東北大・理)

15. 稚内における赤色オーロラ観測
菊池 崇(通総研・平磯), 丸山 隆(通総研・稚内)
16. 北海道・母子里観測所における低緯度オーロラ観測
宮岡 宏(極地研), 湯元清文, 田中義人(名大・空電研),
平澤威男(極地研)
17. 1989年10月21日に観測された低緯度オーロラの光学的/分光学的特性
齊藤文一(新潟大・理), 高橋利保(新潟大・教養), 木山喜隆,
遠藤英範(新潟大・理)
18. 低緯度オーロラ発生に関連する地磁気変化について
上井哲也, 角村 悟, 桑島正幸(地磁気観), 長谷川一美, 福井史雄,
豊留修一(地磁気観・女満別)
19. イオノグラムで見た中緯度オーロラに伴う電離圏擾乱の様相
五十嵐喜良, 大谷 晃(通信総研), 丸山 隆(通信総研・稚内),
田中正利, 鎌田満博(通信総研・秋田), 西牟田一三(通信総研・山川),
小林敬生(通信総研・沖縄)
20. GPS2周波相関方式電離層遅延時間測定装置による1989年10月21日の
オーロラ現象前後の全電子数測定結果
山本 淳(電通大), 今江理人, 三木千紘, 皆越尚紀, 河合栄治,
高橋富士信(通信総研)
- IV. 将来計画 (16:30~18:00) 座長 佐藤夏雄(極地研)
21. 昭和基地大型短波レーダ計画 - 2
小川忠彦(通総研・平磯), 平澤威男, 江尻全機, 佐藤夏雄, 山岸久雄,
藤井良一(極地研), 五十嵐喜良(通総研)
22. What to expect from the (planned) HF-radar at Syowa Station
A. Frey(極地研)
23. アイスランドにおけるイメージングリオメータ観測計画
山岸久雄(極地研), 菊池 崇(通総研・平磯), 西野正徳, 小島正宣
(名大・空電研), 佐藤夏雄(極地研)
24. ファブリーペロードアップラーイメーシングシステムによる
超高層大気温度・風の観測
岡野章一, 中島英彰, 塩川和夫, 福西 浩(東北大・理),
小野高幸(極地研)
25. 昭和基地近傍における地磁気無人観測
坂 翁介(九大・理), 佐藤夏雄(極地研)
26. 赤道一極域擾乱研究の現状と1990年度計画
北村泰一, 坂 翁介, 篠原 学(九大・理), 藤井良一, 平澤威男(極地研)

懇親会

18:10~20:00

於 研究棟2階

講義室

1月24日(水) 9:30~18:00

V. EXOS-D観測(9:30~11:15) 座長 藤井良一(極地研)

27. Akebono衛星によるHIPAS-VLF共同実験
木村磐根(京大・工), A. Wong(UCLA), 岡田敏美(名大・空電研),
山本正幸(京大・工), 長野 勇(金沢大・工), 橋本弘蔵(東京電機大)
28. あけぼの衛星VLFによるアンテナのベクトルインピーダンス計測
橋本弘蔵(東京電機大), 岡田敏美(名大・空電研), 長野 勇
(金沢大・工), 山本正幸, 木村磐根(京大・工)
29. EXOS-D(あけぼの)によるオーロラ紫外撮像観測
金田栄祐, 山本達人, 林 幹治(東大・理), 藤井良一, 門倉 昭,
江尻全機(極地研), 巻田和男(拓殖大・工), 小口 高(名大・空電研)
30. 1989年3月13日大磁気嵐中の三次元電流系とそれに伴う降下粒子分布
藤井良一(極地研), 福西 浩(東北大・理), 國分 征(東大・理),
杉浦正久, 遠山文雄(東海大・工)
31. あけぼの衛星により観測されたUFIに伴う降下電子の特性
柳川瀬融史, 賀谷信幸(神戸大・工), 向井利典(宇宙研)
32. 「あけぼの」衛星で観測されたIon Conics
三宅 互(通信総研), 向井利典(宇宙研), 巖本 巖, 佐川永一
(通信総研), 賀谷信幸(神戸大・工)
33. 「あけぼの-SMS」による高緯度に於けるM/Q=2イオンの解析
渡辺成昭, 佐川永一, 巖本 巖(通信総研), B. A. Whalen,
A. W. Yau(CRC)

VI. ULF波動(11:15~12:00) 座長 桜井 亨(東海大・工)

34. IPDPの偏波の微細構造
早川正士(名大・空電研), 島倉 信, 小林俊之(千葉大・工),
佐藤夏雄(極地研)
35. SCに伴うCNA PULSATIONについて
永野 宏(朝日大), 佐藤夏雄, 鮎川 勝(極地研)
36. Eigenmode analysis of coupled hydromagnetic oscillations
in the dipole magnetosphere
藤田 茂(地磁気観), V. L. Patel(NRL)

VII. 地磁気共役点・多点観測(13:00~14:45) 座長 福西 浩(東北大・理)

37. ELF-VLF放射の長周期変動
佐藤夏雄(極地研)
38. アイスランドと南極で同時観測されたPc1帯地磁気脈動の
偏波特性の統計的考察
小林俊之, 島倉 信(千葉大・工), 佐藤夏雄(極地研), 早川正士
(名大・空電研)
39. アイスランドにおける地磁気多点観測(速報)
利根川 豊(東海大・工), 佐藤夏雄(極地研), 島倉 信(千葉大・工),
Th. Saemundsson(アイスランド大), 内田邦夫(極地研)
40. 南北多重共役点観測による極域地磁気変動の研究
加藤賢一(東海大), 佐藤夏雄(極地研), 利根川 豊(東海大・工),
坂 翁介(九大・理), 内田邦夫(極地研)

41. Statistical study on the conjugacy of geomagnetic disturbances in the auroral region (III)
角村 悟(地磁気観)
42. 地磁気共役点付近でのCNA脈動解析とそのソースの移動(II)
渋谷仙吉(山形大・理), 樋口喜啓(山形大・工), 佐藤夏雄(極地研),
前澤 潔(山形大・理)
43. 可視オーロラの共役性
長岡孝行(山形大・理), 佐藤夏雄(極地研), 前澤 潔(山形大・理),
内田邦夫(極地研), 坂 翁介(九大・理)

VIII. ELF-VLF波動(15:00~16:30) 座長 長野 勇(金沢大・工)

44. Whistler-triggered VLF emissions in the electron slot and inner radiation belt, as observed at Moshiri(L=1.6)
早川正士(名大・空電研)
45. アイスランドで観測されたVLF/ELF波動エネルギーの波数空間分布解析
島倉 信(千葉大・工), 佐藤夏雄(極地研), 利根川 豊(東海大・工),
森泉美穂子(千葉大・工), 早川正士(名大・空電研)
46. プラズマボーズのVLF波伝搬に及ぼす効果について
石川清彦, 服部克巳(名大・空電研), 島倉 信(千葉大・工),
早川正士(名大・空電研)
47. GEOS-1衛星にてoff-equatorial regionで観測されたhiss-triggered chorusについて
服部克巳(名大・空電研), 島倉 信(千葉大・工), 早川正士(名大・空電研), M. Parrot, F. Lefeuvre, D. Lagoutte(LPCE/CNRS)
48. 極域電離層によるオメガ電波強度のマッピング
長野 勇, 北岸陽一, 八木谷 聡(金沢大・工), 山岸久雄(極地研)
49. 地磁気静穏時のオーロラヒスの特性
恩藤忠典(通総研)

IX. 電離層擾乱(16:30~18:00) 座長 田中高史(通総研)

50. Wave-induced burst precipitation events detected with a digital ionosonde
F.T. Berkey (Utah State Univ.), M.J. Jarvis (BAS),
A.J. Smith (Stanford Univ.)
51. Drift of cosmic noise absorption associated with storm sudden commencement
菊池 崇(通総研・平磯), 山岸久雄(極地研)
52. CNA静穏時曲線の決定について
荒木 喬(弘前大), 佐藤夏雄(極地研)
53. GPS2周波相関方式電離圏遅延測定装置の時刻比較への適用
並びに中低緯度電離層全電子数測定結果
今江理人, 近藤哲朗, 雨谷 純, 金子明弘(通総研・鹿島),
山本 淳(電通大)
54. GPS衛星を利用したの日本近辺の電離層観測
近藤哲朗, 今江理人, 雨谷 純, 金子明弘(通総研・鹿島)
55. Tweeksによる電離層擾乱観測と測定誤差
森泉美穂子, 島倉 信(千葉大・工), 早川正士(名大・空電研)

第 1 3 回
極域における電離圏・磁気圏
総合観測シンポジウム
講演予稿集

1990年1月23日(火) 10時00分～18時00分

1月24日(水) 9時30分～18時00分

会場： 国立極地研究所 管理棟6階講堂

主催： 国 立 極 地 研 究 所

極磁気嵐 Birkeland 電流系に対して不当評価が行われた史実

福島直

極磁気嵐時の地上磁場変動を説明する地球周辺空間電流系として Birkeland(1908) が提唱した電流系は、1940年代に地磁気変動現象研究の舞台から忽然姿を消し(Alfvén の磁気嵐理論に登場していることを除いては)、1950年代初頭までは Chapman(1935) 提唱の電流系のみがもてはやされていた。Birkeland, Chapman の両電流が地上に同じ磁場を及ぼすにも拘らず、なぜ Birkeland 電流系が狭ぼされる運命をたどらざるを得なかったかという長年の疑問に取り組んでみた結果を述べる。

Vestine-Chapman (Terr. Mag., 43, 351-382, 1938) 論文の中で、地磁気 SD 場に対応する Chapman, Birkeland 両電流系の優劣が論じられている。そこでは Birkeland 電流系を Fig. 3B と仮定しており、それが大きな問題点である。その図は Birkeland 自身が画いた電流系ではなく『もし Birkeland に SD 電流系を画くように頼んだら、きっとこんな図を示すであろう』と期待して Vestine-Chapman が画いた電流図なのである。

Birkeland, Chapman 両電流系の優劣比較を行うにあたっては、両電流系の極光帯電流分布を同じにしておくことがのぞましい。従って Chapman 電流系と比較すべき Birkeland 電流系としては、Fig. 3D に示すように沿磁力線電流の出入が全経度にわたっているような電流系を考えるべきである。沿磁力線電流が 0-12h 子午面内に限られた線電流だけである場合には、その子午面内の中高緯度地域では Fig. 3C に示されているような大きな地磁気東西成分変動が実測される筈である。しかしそのような地磁気変化は観測されていないということを主な理由にして、『Birkeland 電流系は不適当で信用できない』と Vestine-Chapman は彼らの論文の中で断定している。

Birkeland 自身が画いたわけでもない電流系に対する議論がもてで彼の名声が損なわれたことは、Birkeland に同情すべき地球電磁気学史の一頁である。

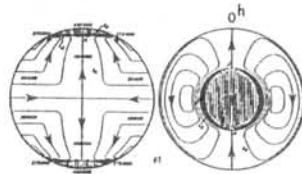


Fig. 3A. Chapman's current-system for geomagnetic SD-field [taken from Fig. 1 of Vestine-Chapman 1938 paper].

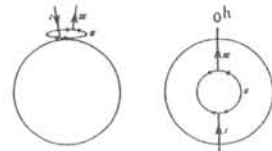


Fig. 3B. Birkeland's current-system for SD-field [not his own, but by Vestine and Chapman in their 1938 paper, Fig. 17]

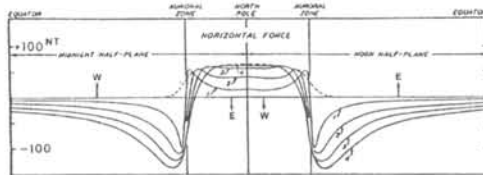


Fig. 3C. East-west magnetic field on the ground produced by the current-system of Chapman (dotted line) and that of Birkeland (full lines: 1, 2, 3 and 4 refer respectively to assumed heights of the auroral zone current, 100, 300, 500 and 700 km above the earth [taken from Fig. 18 of Vestine-Chapman 1938 paper].

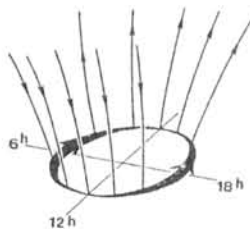


Fig. 3D. Birkeland's SD current-system that should have been compared with Chapman's Fig. 3A current-system.

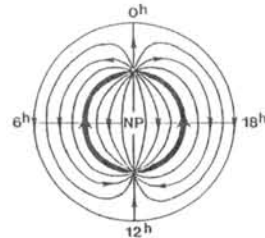


Fig. 3E. Equivalent overhead current-system for Fig. 3D, which produces an intense E-W ground magnetic field in the noon-midnight meridians.

DE-2 で観測されるカスプ周辺領域に局在化した REGION 1 沿磁力線電流

田口 聡¹、杉浦正久²、家森俊彦¹、J.A.SLAVIN³

1. 京大理 2. 東海大開発技研 3. NASA GSFC

DE-2 衛星の磁場データから、昼側カスプ付近に局在化した強い電流密度をもつ Region 1 電流を観測したと考えられるデータを取り出し、それについて考察した結果を報告する。ここでは上の様なデータを取り出すために適当な Region 1, Region 2 電流分布を仮定してそれによって生ずる磁場変動の作業モデルを考え、そのモデルとデータを比較する。

図1は、それぞれ昼側カスプ周辺に局在した領域で Region 1 電流が強いと仮定した場合 (a) と Region 1/Region 2 電流が昼半球の各 LT で一様であると仮定した場合 (b) にカスプ付近に生ずる磁場変動の簡単な作業モデルである。横線で示されている領域とハッチで示されている領域にそれぞれ無限長の電流を垂直に仮定している。図1 (a) では、昼側カスプ付近 (LT 1100-1300) の Region 1 に $2.0 [\mu A/m^2]$ の電流密度を、他の LT の Region 1 に $1.0 [\mu A/m^2]$ の電流密度を、そして Region 2 には $0.5 [\mu A/m^2]$ の電流密度を仮定している。一方、図1 (b) では、Region 1 に $1.0 [\mu A/m^2]$ 、Region 2 に $0.5 [\mu A/m^2]$ の一様な電流密度を仮定している。図1 (b) に比べて図1 (a) では、高緯度で午前と午後に向かい合い低緯度の方に回転しながら LT 1200 付近に局在化した太陽方向の大きな磁場変動が顕著である。そこで、DE-2 に見られるこの図1 (a) の様な特徴を持つ磁場変動を、もちろんその変動はモデルで仮定した電流分布によって一意的には決まらないが、本研究では Region 1 電流がカスプ付近の局在化した領域で強い電流密度をもつことにより生じたものであると考える。

図2に上で述べた様な特徴をもつ磁場データの一例を示す。観測された磁場データから主磁場を除いた水平成分をプロットしたものである。高緯度で向かい合い低緯度の方に回転しながら LT 1200 付近で太陽方向に向かう磁場変動が観測されている。1981年10月から82年1月までの期間で同じ様な例が9例観測されている。現段階では解析した期間が短くデータ数が少ないが、この9例のうち IMF のわかる8例について出現特性を調べるとそのうち4例は明かに IMF の $B_z > 0$ から $B_z < 0$ への変化に対応しており、2例は IMF B_z の符号の乱れた変化に対応している。このことによりカスプ周辺領域に局在する強い電流密度をもつ Region 1 電流の出現と IMF negative B_z への変化の直接的な関連を示唆できるものと考えている。

解析期間を広げてデータ数を増やすことにより、カスプ周辺領域に局在する Region 1 電流の出現と IMF negative B_z への変化との直接的な関連を確立し、電流の生成機構についても議論したい。

Model

MAGNETIC PERTURBATIONS

図1 (a)

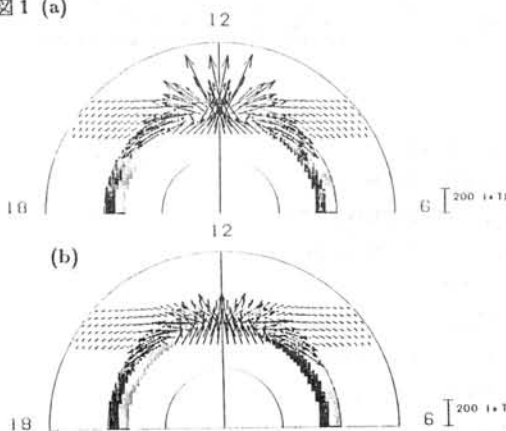
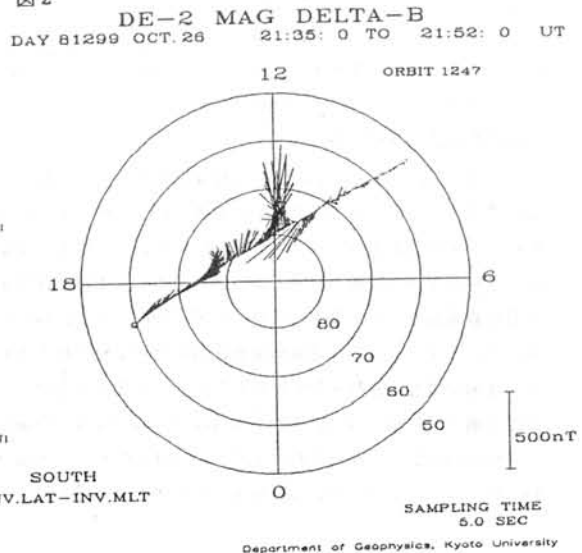


図2



電離層沿磁力線電流領域における 磁場擾乱の小規模成分の偏波

¹石井 守 · ²杉浦正久 · ³家森俊彦 · ⁴N. C. Maynard · ⁵J. A. Slavin

¹京都大理 · ²東海大開発技術研 · ³A F G L · ⁴G S F C

POLARIZATION OF SMALL SCALE MAGNETIC PERTURBATIONS OBSERVED AT IONOSPHERIC ALTITUDES
IN THE FIELD-ALIGNED CURRENT REGIONS

¹M. Ishii, ²M. Sugiura, ³T. Iyemori, ⁴N. C. Maynard, ⁵J. A. Slavin

¹Department of Geophysics, Kyoto University, Kyoto 606, Japan

²Institute of Research and Development, Tokai University, Tokyo 151, Japan

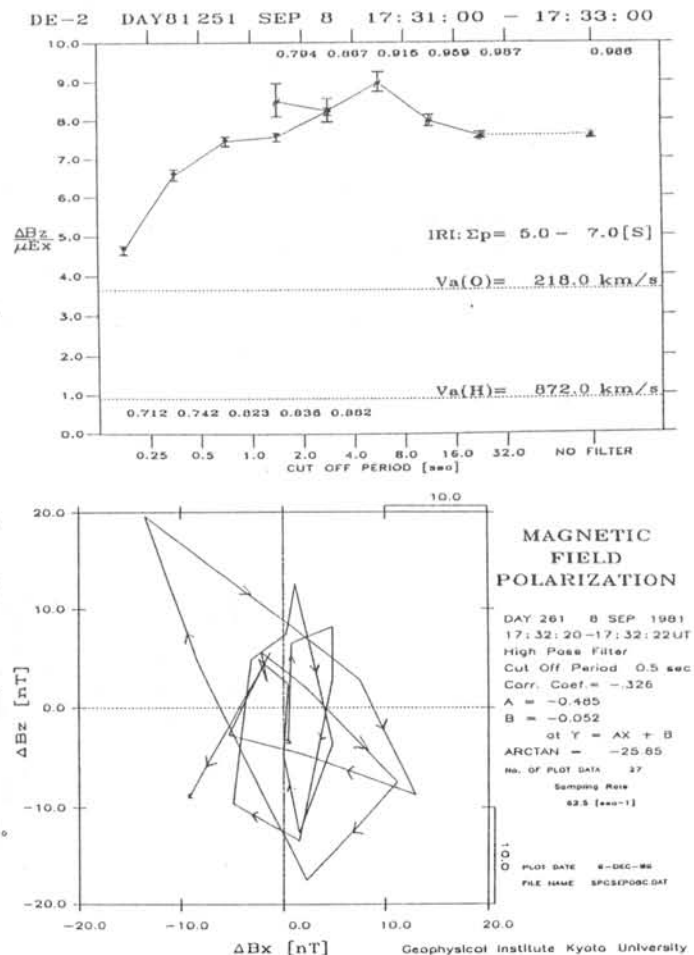
³Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom Air Force Base, MA 01731, U.S.A.

⁴Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, U.S.A.

電離層沿磁力線電流領域で観測された電場・磁場擾乱の間に相関の高い原因が、その scale length によって異なるのではないかという仮説を検証する。

Dynamics Explorer-2 (DE-2) 衛星により観測された電場・磁場擾乱が沿磁力線電流領域で相関が良く、その比 $\Delta B_z / E_x$ の値が擾乱の scale length によって変化していることを示した。(第84、85回地球電磁気・地球惑星学会)そして large-scale(period 8.0 ~ 32.0 sec)では、 $\Delta B_z / E_x$ が太陽天頂角に依存することから、この値が Pedersen conductivity Σ_p に対応し、これより沿磁力線電流の構造が static なものであることを推定した。(第86回地球電磁気・地球惑星学会)今回は、small-scale(period ≤ 1.0 sec)における磁場の擾乱が精円偏波していることを示し、電場・磁場擾乱の相関の原因が Alfvén 波であることを推定する。

図1に、small scale で相関が良いときの polarity を示す。磁場擾乱に cut off period 0.5 sec の high-pass filter を用い、沿磁力線方向にほぼ垂直である X(North-South) - Z(East-West) 平面についてプロットした。このとき磁力線の方向は下向きであることから、これは左旋性を示し、Alfvén wave と考えられる。もし電流の構造が static なものだとすると、擾乱はたかだか半周しかせず、この現象は説明できない。

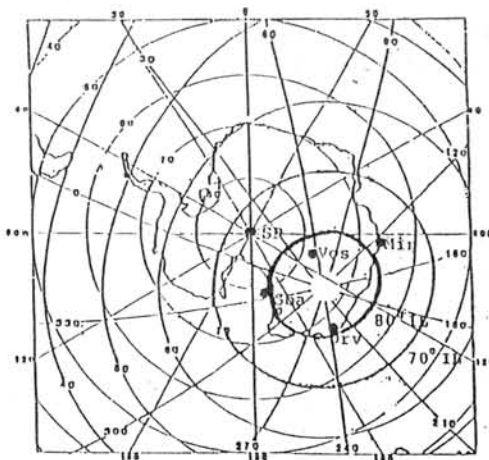


POLAR CAP AE INDEX

S. Saroso¹, M. Sugiura², T. Iyemori³ and T. Araki¹¹Department of Geophysics, Faculty of Science, Kyoto University.²Institute of Research and Development, Tokai University.³Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Faculty of Science, Kyoto University.

The AE index is frequently used in studies of the aurora and other magnetospheric disturbance phenomena. This index reflects the intensity of the ionospheric current associated with auroral activity. When the interplanetary magnetic field turns northward, the auroral oval contracts and new electric currents appear in the polar cap ionosphere. The ionospheric current in the auroral zone at its averaged position and consequently the AE index decreases in spite of the existence of current over the polar cap. In order to monitor the intensity of the ionospheric current during northward IMF it is desirable to derive the AE index using magnetic data obtained in the polar cap. Ideally, in deriving the polar cap AE index it is desirable to use as many observatories as possible and the distribution of the observatories should be as uniform as possible longitudinally. However, since there are only a limited number of polar cap magnetic observatories and since the northern polar cap is mostly occupied by the Arctic Ocean, practical compromises are unavoidable.

We use 4 observatories in the southern hemisphere with a reasonably good coverage in longitude as is illustrated in the figure. To derive disturbance fields a base value of each station for each month is first calculated using a moving average method, and this base value is subtracted from hourly data from the station in that month. Then the largest and smallest values are selected from the four stations in the way as the AU and AL indices are derived, respectively. The difference between these values gives the polar cap AE index. Two of the stations (Scott Base and Dumont Durville) give the X, Y and Z components rather than H, D and Z. To make these data more compatible with the other stations we calculated H from the X and Y components by $H = (X^2 + Y^2)^{1/2}$. For the other two stations (Vostok and Mirny), we used the original H-component data. The polar cap AE index has been derived by this method for the year 1966. Discussions will be presented on the results obtained.



前田佐和子
(大阪短期大学)

オーロラ活動に伴う熱圏の変動の数値シミュレーションの結果を解析し、熱圏エネルギー収支を支配する加熱・冷却機構の緯度と高度による違いを調べた。(1)。(2)

本講演では、シミュレーションの結果緯度と高度の関数として得られた中性温度の緩和時間が、主たる冷却機構の違いによって説明される事を明らかにする。

オーロラ活動レベルをNOAAの粒子データから求められた power index levelで表したとき、レベル 9の活動状態から時刻0 でレベル 5の静穏状態に戻った後の中性温度は図1に見られる様に、指数関数的に時間変化する。これを

$$T(t) = T_2 + (T_1 - T_2)e^{-t/\tau} \quad (1)$$

で表し、 τ を緩和時間と定義する。但し、 T_1 、 T_2 はそれぞれレベル 9と5で平衡状態にある時の温度である。図1の温度変化を最小自乗法によって指数関数近似し、緩和時間を求めるとその結果は表1の通りになる。

一方、エネルギー方程式は C_p 、 Q 、 L をそれぞれ定圧比熱、加熱率、冷却率とした時、つぎの通りに表せる。

$$C_p dT/dt = Q(t) - L(t) \quad (2)$$

(1)、(2)式から緩和時間 $\tau(t)$ を求めると、

$$\tau(t) = C_p(T_2 - T(t)) / (Q(t) - L(t)) \quad (3)$$

となる。これは時刻 t における加熱、冷却率でもって時刻 t の状態からレベル 5の平衡状態に達するまでの緩和時間であり、時間の関数として求める事ができる。各々の冷却機構がどの程度の役割を果たすかを調べるために、単独または複数の機構の冷却率で(3)式を計算した結果を図2に示す。 τ はジュール加熱、熱伝導、熱移送、NOによる放射冷却の全てを入れた時の緩和時間、 τ_{uc} 、 τ_{no} 、 τ_{ua} および τ_{no+ua} は垂直熱伝導、NO放射冷却、垂直熱移送それぞれ単独の機構またはそれらの組合せによる緩和時間である。さらに、表1で示した温度の時間曲線から求めた緩和時間 τ_T も同時に示した。

得られた結果は、以下の通りである。

- (1) オーロラ領域下部熱圏では、増大したNOによる赤外放射によって、熱の大半は上方へ逃がされる。局所的なバランスのみでは緩和時間は10時間程度であるが、上部からの熱移送によって遅らされ、実際の緩和時間は約20時間程度になる。
- (2) オーロラ領域上部熱圏では、垂直方向の高い熱伝導率によって下方へ熱が伝えられる。15時間の緩和時間は垂直熱伝導のみによってほぼ決定されている。
- (3) 中緯度下部熱圏では高緯度からの熱移送があるため温度減少が始まるのは約2時間遅れる。NOの増大は高緯度程著しくなく赤外放射が主な役割を担うのは初期の数時間である。その後は垂直運動に伴

う熱移送が温度の緩和を早める。

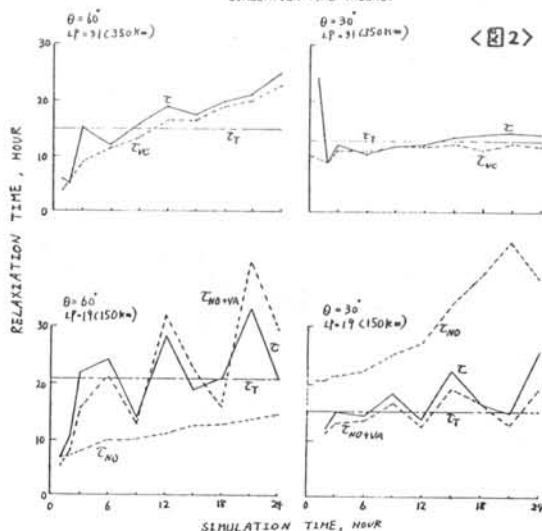
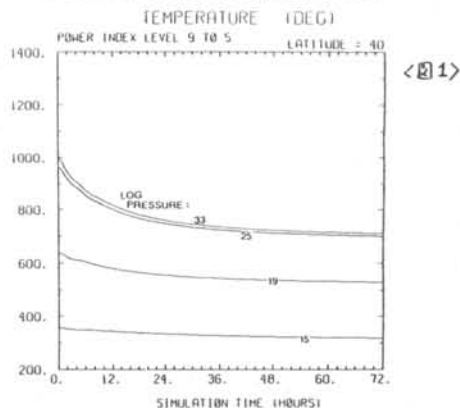
- (4) 中緯度上部熱圏でも温度減少の開始は約2時間遅れる。高緯度地方と同様、垂直熱伝導による冷却で温度の時間変化は決定されている。

参考文献

- (1) 第12回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム, 1989.
- (2) 第3回大気圏シンポジウム, 1989.

〈表1〉 中性温度の緩和時間

緯度 高度	60°	30°
350 km	15 hrs	13 hrs
150 km	21 hrs	15 hrs



モデル計算によるプラズマシート磁気赤道面 粒子空間分布とドリフト電流の発散の関係

池辺 洋¹ 江尻 全機² 芳野 超夫¹

¹電気通信大学

²国立極地研究所

ディフューズオーロラ粒子降下に関する研究は強ビッチ角拡散を引き起こす静電波などの不安定性の成長やプラズマシート内縁における hot particle 分布関数の非等方性などに関するものが主であった。Ashour-Abdalla and Thorne [1978] は特にイオンの場合沿磁力線電流によって励起された静電波が電離圏上層で引き起こす強ビッチ角拡散が主な粒子降下メカニズムである事を示唆しており、ディフューズオーロラ粒子降下分布を調べるには沿磁力線電流 (Region 2 current) 空間分布と赤道面 hot particle 空間分布との関係を明らかにする必要がある。

我々は今回、サブストームの開始と共に磁気圏尾から inject される電子、プロトンの磁気圏内部における分布関数を、モデル磁場に dipole を与えて、モデル計算しさらにそれを利用して磁場勾配-曲率ドリフト電流及びその発散を計算し、その空間分布と分布関数空間分布との関係を調べた。また、初期プラズマシート ($L=10, t=0$) にはプロトンと電子に number density n_i, n_e 、平均エネルギーに E_{oi}, E_{oe} の isotropic Maxwellian を各々与え、 n_i, n_e, E_{oi}, E_{oe} への空間分布の依存性も調べた。

その結果、発散の分布は午後側では主に赤道面から流れ出し、逆に午前側では流れ込む、いわゆる Region 2 current に対応した結果を得たが、多少複雑な構造が得られ、以下にまとめた。

[Fig. 1 (a), (b)]

$E_{oi}=E_{oe}=1.5$ (keV)
 $n_i=n_e=1.0$ (1/cm³)

赤道面沿磁力線電流出分布
[nA/m³]

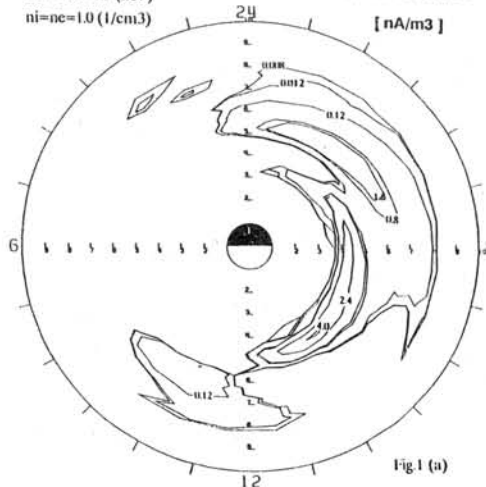


Fig.1 (a)

(1) 真昼間 (12MLT) をはさんだ午前側と午後側で赤道面への流入、流出が高緯度側と低緯度側とは逆のセンスになっている。

(2) 真夜中 (24MLT) 付近では午前側の流入領域が 21MLT 付近まで入り込み、その高緯度側には流出領域が 2~3Re の広い領域にわたって存在する。

(3) 電流密度は午前、午後側ともプラズマシート内縁に沿って最も強い領域が存在し、その高緯度側では徐々に弱くなっている。最も強いのが dusk~postnoon の内縁付近の流出である。

以上は $n_i=n_e=1.0$ (1/cm³), $E_{oi}=E_{oe}=1.5$ (keV) の全く同じ Maxwellian を与えた場合であるが、次に $E_{oi}=3.0$ (keV), $E_{oe}=1.5$ (keV) と初期プラズマシートにおけるプロトンの平均エネルギーを倍にした場合

(4) 午前昼側 (6~12MLT) の高緯度側流出領域が拡大し、電流密度も強くなる。

(5) 午後昼側 (13~16MLT) の高緯度側流入領域は縮小し完全に孤立した分布となる。

(6) 夜側では午前側の流入領域が約 2MLT 西向きにシフトしたセンスの分布となる。

講演では、電荷交換損失による影響も報告する。

$E_{oi}=E_{oe}=1.5$ (keV)
 $n_i=n_e=1.0$ (1/cm³)

赤道面沿磁力線電流入分布
[nA/m³]

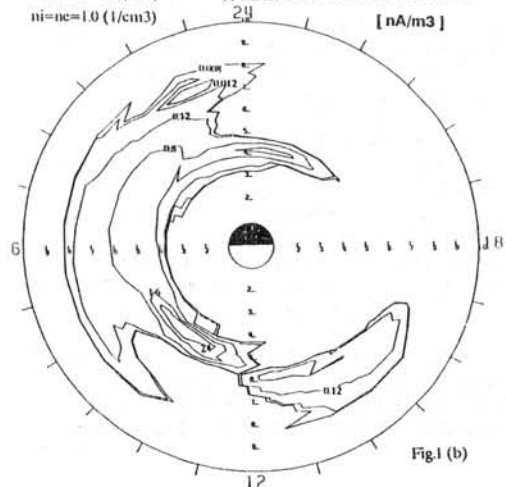


Fig.1 (b)

磁気圏構造に対する B_x および

ダイポール傾斜角の効果

南 繁行 橋本 久美子 (大阪市立大)

竹屋 芳夫 山崎 直人 (中部大)

まえがき

我々はシュミレーション実験によって磁気圏構造に及ぼす各種のパラメータ依存性について研究を行なっている。前回(第12回本講演会)はIMFの B_x 成分の存在により磁気圏尾部に非対称性があらわれることを述べた。今回は地磁気共役性に関連したカスプ構造や尾部形状の、IMF、 B_x およびダイポール傾斜角依存性についての実験結果を述べる。

実験

磁気圏をシュミレートするために高速高密度プラズマ流発生装置と磁気ダイポールを用いる(Minami and Takeya, 1985)。外部にはIMF、 B_x 発生用コイルがある。実験に対するスケーリング則により B_x の100Gは実際には約100nTに相当する。 B_x 印加のもとで作られた磁気圏の発光写真によって太陽風プラズマの流入量に南北非対称性が生じることがあきらかになった。またダイポール傾斜角の変化にともなう尾部の形状およびカスプ緯度変化を調べた。第1図はダイポール傾斜角に対するカスプ緯度の依存性で、最近の衛星観測による結果(Newell and Meng, 1988)を説明できる。また大きい傾斜角での結果は比較磁気圏学上重要である。

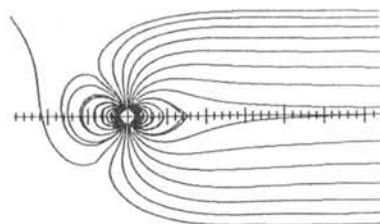
結言

第2図は磁気圏のモデル磁力線の形状がIMF、 B_x によって変化することをそれらの線形加算によって示したものである。これから尾部の南北非対称性とカスプ緯度の移動がわかる。 B_x が強いときダイポールの一方

の極の磁力線がIMFと多くつながり粒子降下量の南北極での差、すなわち磁気圏へのエネルギー結合量の南北非対称性を示唆する。南北半球における太陽風エネルギーの流入量の非対称性がIMF、 B_x およびダイポール傾斜角によっておきることに注目したボーラークャップでの粒子エネルギーの解析が必要であろう(例えばCandidi et al., 1989はカスプに注目している)。実験の立場から太陽風と磁気圏のエネルギー結合に関して B_x の効果を考慮する必要性を指摘したい。

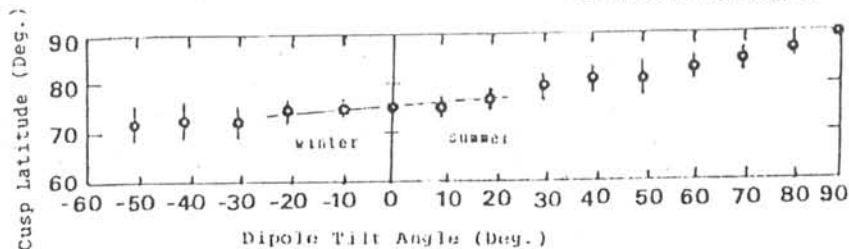
文献

- Candidi, M., et al., J. Geophys. Res., 94, 13585, 1989.
 Minami, S. and Y. Takeya, J. Geophysical Res., 90, 9503, 1985.
 Newell, P.T. and C.-I. Meng, J. Geophys. Res., 93, 14549, 1988.



第2図 モデル磁気圏と B_x 磁場の線形加算による磁力線の形状。($B_x = 15 \text{ nT}$)

第1図 ダイポール傾斜角に対するカスプ緯度の依存性の実験結果



オーロラ画像データ解析の能率化を計るため、オーロラ画像データ解析システム (ARSAD) の開発を行った。

第一図にブロック図を示す様にARSADシステムはフィルム上画像データをビデオ信号へと変換するフィルム・ビデオコンバータ、光ビデオディスクをコントロールするコントロール系、及びこれらと結合されるワーク・ステーションより構成される。さらにワーク・ステーションは極地研究所構内LANを介して大型電算機と結ばれている。

ARSADシステムの持つ機能の概要は、

- 1) 全天カメラフィルムに記録されたオーロラ画像データをNTSC規格TVビデオ信号に変換する機能。
- 2) TVビデオ信号を光ビデオディスクへ1コマ毎に記録する機能。ここでビデオ信号の光ディスク記録は、フィルムより変換された信号についてはフィルムの送りと同期を取って行われる他、VTRにて再生されたオーロラTVデータ等のビデオ信号については同時記録されたIRIGコード等の時刻信号と同期が取られる。昭和基地全天カメラデータの場合1.5 ~ 2秒毎に自動的にフィルムが送られ光ビデオディスク上へ記録される。尚ビデオ・ディスクは水平解像度540 TVline の高分解能を持つ。
- 3) 光ビデオ・ディスクに登録された各コマ毎に観測時刻の対応付けを行う機能。また観測の日時を指定してオーロラ画像を検索し、ワークステーションのグラフィック・ディスプレイ上に再生表示する機能。1コマの画像を512 X 512 の画素数にてワーク・ステーション上へ取り込むのに要する時間は約3秒である。
- 4) オーロラ高度を仮定してオーロラ画像と電離層地磁気座標とを対応させる機能。またこれに基づき、全天カメラ座標より地磁気座標への座標変換表示を行う機能。
- 5) 地磁気の緯経線に沿うオーロラ光強度のダイナミック表示機能。また任意の点 (最大6点) の強度変化の時系列表示機能。
- 6) 画像データを光ディスク (800 M Bytes) 上へ保管する機能。またデータを極地研究所大型電算機へと転送 (約80kBytes/sec) する諸機能。

現在1984年昭和基地全天カメラ全データの光ビデオディスク登録作業が終了し逐次新データの登録作業がすすめられている。今後は全天カメラデータのみならず、他の地上観データおよび人工衛星観測データについても簡便で能率的データ解析を進める予定である。

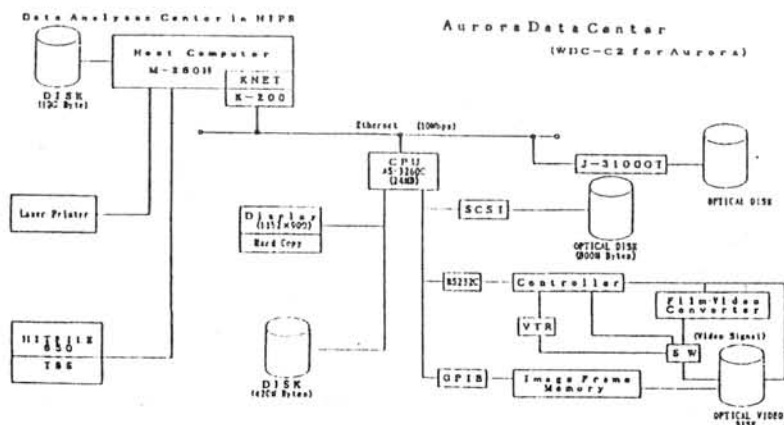


Fig. 1 Block diagram of the ARSAD system.

六山 弘一 (電通大)
平澤 威男 ・ 小野 高幸 (極地研)

新たに開発されたオーロラ画像データ解析システム (Automatic Retrieval System for Auroral Data: ARSAD) を用い、地磁気座標系に変換したオールスカイ画像データにより、オーロラの形態と運動に関する解析を行った。主として調べたオーロラの形態は Stable arc, Westward traveling surge, Ω aurora および Breakup type aurora である。

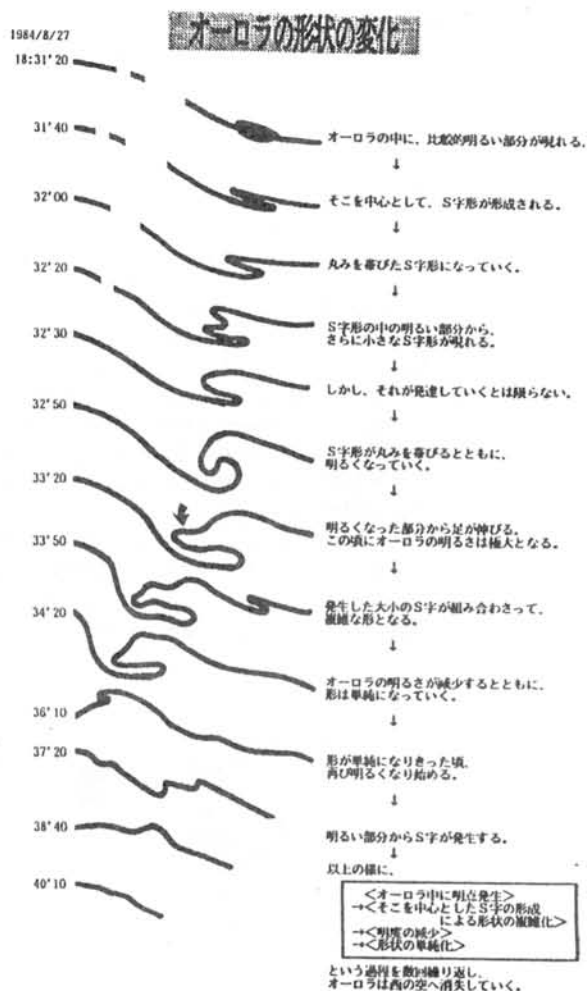
その結果の概要は

Surge の東西方向移動速度は $1 \sim 3 \text{ km/sec}$ 、極方向へは約 1 km/sec の速さで展開する。しかし、移動距離はそれほど大きくなく、通常 $100 \sim 200 \text{ km}$ 以下である。また、Surge は必ずしも 1 つではなく、いくつかの Surge の重ね合わせである。時に渦状形態を示し、多くの場合、この状態から極方向への移動を開始する (右図参照)。

Ω band 型 aurora は形成の初期に、その極側に discrete aurora を伴う (東方に移動、速度約 2 km/sec)。この discrete arc が消滅するとともに Ω band aurora は active となり、その極側のフロントは波状を示す。その東方への移動速度は約 1 km/sec である。 Ω band aurora の低緯度側で pulsating aurora が active となる。

Breakup aurora の様相は地方時に依存し、3 種の形態が認められる。discrete arc の極方向への展開速度は時に 10 km/sec を越える。

Stable arc の bright region は東方または西方に展長し、その速度は $1 \sim 3 \text{ km/sec}$ 。また、その bright region は stable arc から分離、停滞、消滅する。



オーロラ立体観測画像の解析手法について (II)

麻生武彦*・橋本岳*・安倍稔*・江尻全機**・山岸久雄**・小野高幸**

(*京大工、 **極地研)

A METHOD OF ANALYSIS FOR THE AURORA STEREO OBSERVATION(II)

T. Aso*, T. Hashimoto*, M. Abe*, M. Ejiri**, H. Yamagishi** & T. Ono**

* Kyoto University, ** National Institute of Polar Research

The three-dimensional reconstruction of auroral luminosity structures from stereoscopic observations has been studied. The present inverse problem invokes a non-linear least squares method to estimate model parameters of the assumed luminosity function. Results of data analysis for the stable arc and pulsating auroras observed at Antarctica in 1984-1985 will be described.

本研究は、オーロラ立体観測により得られるステレオ画像をもとにオーロラ発光形態の三次元的構造とその時間変化を推定する画像解析の手法を確立し、これにより高エネルギー粒子の入射に伴って極域に生じるオーロラの生成メカニズムの定量的な解明に寄与することを目的としている。前回の報告[1]においては、第25次隊による昭和基地ーラングホブデ間の観測データをもとに、星を用いたカメラモデルの校正とディスクリットアークに対する発光モデルについて、非線形最小自乗法を用いた逆問題のアルゴリズムの検討結果について述べた。次いで、実際の観測データとして1984年9月21日22:11:08UTの観測結果を用い磁気経度方向に一樣に伸びるhomogeneous arcをモデルとして解析を試み557.7[nm]のオーロラに対し高度108kmで高度方向の広がりがおよそ25kmという発光分布の推定結果を得た[2]。さらに、同日21:45UTの磁気経度方向に非一樣なアークについてこれを区分的に一樣な領域の繋ぎ合わせと仮定することによりその形状を推定した[3],[4]。これらの解析においては、二つの観測地点の配置やオーロラの出現位置に依存して得られる情報量が、複雑な構造推定の可能性を左右していることは言うまでもないが、できるだけ解析の枠を押し広げるということが当面の課題となる。このため、さらに第26次隊の立体観測データについて、とくにパルセーティングオーロラを中心として処理を試みる。観測は1985年8月17-18日に昭和基地と約30km南方のレブスネス島の北の島との間で行われたもので、図1に示されたステレオ画像対は魚眼レンズ($f=16\text{mm}$)を用いた広角の画像データについて異なる時刻における2枚の画像の差をとることにより約10秒の周期で点滅するパルセーティングオーロラからの寄与を抽出した結果である。解析においては、2台のカメラの感度特性について補正することが肝要であり、これについて検討を加えているが区分的2次元モデルを用いたpreliminaryな結果では高度約100kmで高度方向の広がりを数10kmとして図1の観測データと大きく矛盾しない。

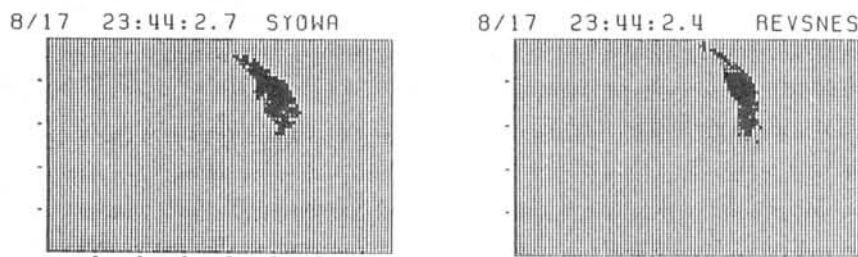


図1

謝辞 計算等に協力頂いた小楠幸治、藪哲朗両君に感謝する。

参考文献

- [1]麻生ほか、第12回極域における電離圏磁気圏総合観測シンポジウム講演予稿集、1989。
- [2]麻生ほか、第85回SGEPSS講演予稿集、1989。
- [3]麻生ほか、第86回SGEPSS講演予稿集、1989。
- [4]Aso, T. et al, Submitted to J. Geophys. Geoelectr., 1989.

降下電子データによるオーロラ 発光量の定量計算

塩川和夫、 福西浩 (東北大理)、 小野高幸 (極地研)

人工衛星で観測される降り込み電子データを実際のオーロラアークと対応づけて議論する際の一つの手法として、降下電子のスペクトルから直接オーロラ発光量を見積る方法が考えられる。この発光量計算の手法は Rees (1963) 以来様々な研究者によって開発されており、こまかな化学反応のメカニズムを除けばほぼ確立してきているといつてよい。さらにこの方法は、1) 大量のデータが処理できること、2) フォトメータ観測が行えない昼側のオーロラにも使えること、等の利点があり、今後重要になってくると思われる。

我々は今回 Stamnes (1981) に従って電子の輸送方程式を解析的に解くことにより、オーロラ電子の中性大気中での衝突過程を計算し、さらにいくつかの化学反応系を考えて、5577 Å、6300 Å、N₂(1PG) の輝線の発光量を定量的に求めるプログラ

ムを開発した。Figure 1 (a), (b) はこの計算を1985年12/12-12/14のDMSP-F6、-F7の130軌道の粒子データに応用し、沿磁力線加速を受けたと思われる電子スペクトル(ディスクリートアークに対応する)に対する5577 Å、6300 Åのカラムの発光量を計算して、その値を衛星軌道に沿ってプロットした図である。磁氣的にかなり荒れた時期に対応しているため、カラムの発光量は数十kRにのぼるものもある。

講演ではこの計算手法の内容、他の計算、観測との比較、及び磁氣的に静かなときと荒れたときのDMSP衛星粒子データに対してこの計算を行なった結果を示す。

References

- Rees, M. H., *PSS*, **11**, 1209, 1963.
Stamnes, K., *JGR*, **86**, 2405, 1981.

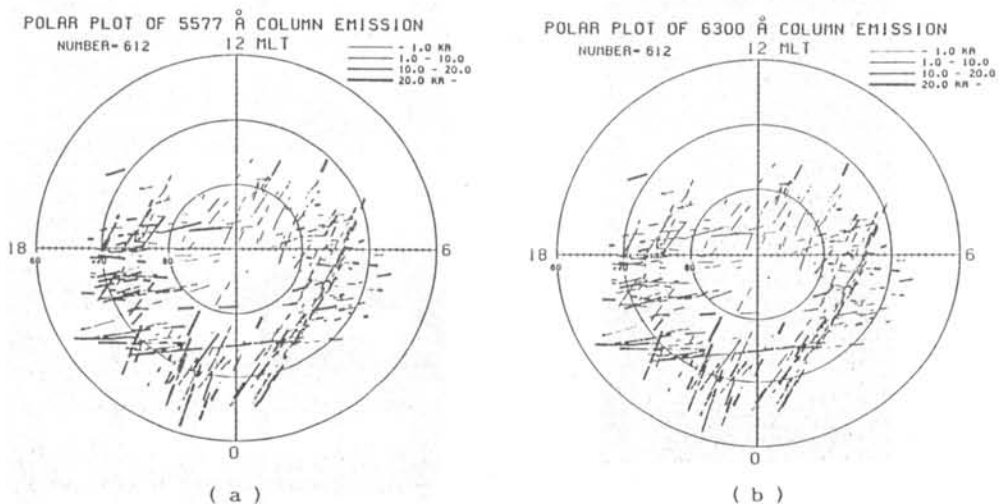


Figure 1 : DMSP-F6, -F7の130軌道(12/12-12/14, 1985)の降下電子データから計算した5577 Å (a)、6300 Å (b)のカラムの発光量。電子の沿磁力線加速が見られるもののみをピックアップしてある。

極冠域ニューオルソンにおける

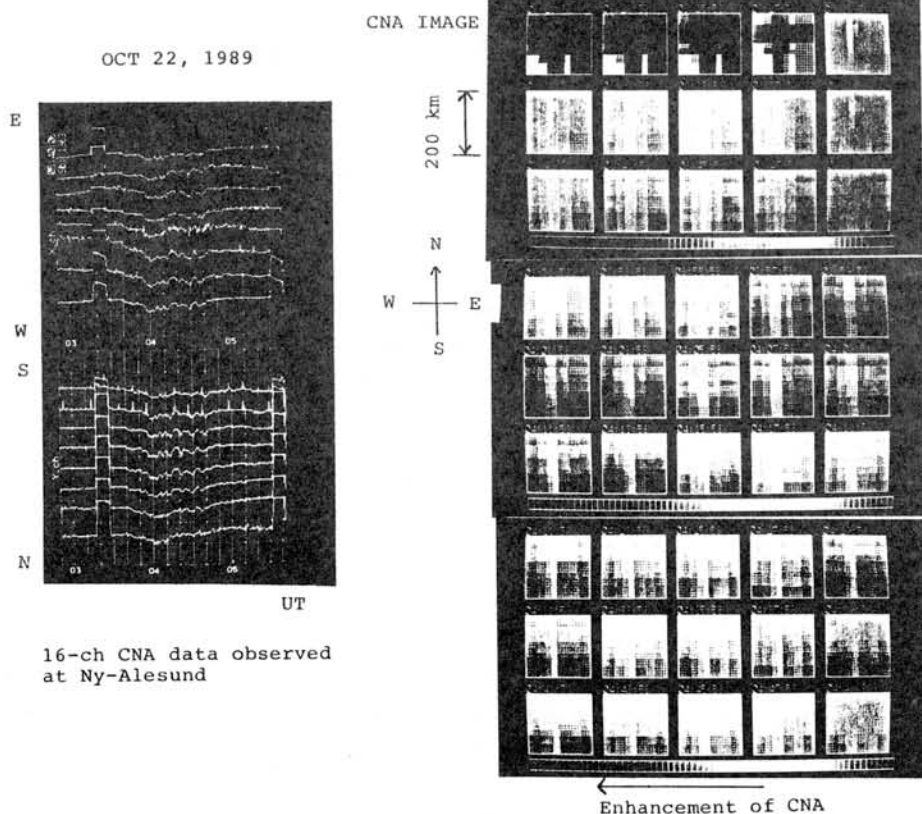
マルチビームリオメータ観測

1 西野正徳、佐藤 貢、田中義人、小口 高、松浦延夫、山岸久雄、A.Egeland
 1 名古屋大学空電研究所 2 国立極地研究所 3 オスロ大学

オーロラ粒子降下を検出するリオメータ装置はオーロラ吸収の観測を通してオーロラダイナミクスの解明に有効である。

我々は、1989年9月、極冠域ニューオルソン基地（磁気緯度 75.44度）にオスロ大学の協力を得てマルチビームリオメータ装置を設置し、観測を開始した。アンテナ系は、極地研が1988年9月にグリーンランドに設置したものと同一である。南北、東西の2系統16チャンネルの電離層吸収（CNA）データは8秒毎パーソナルコンピュータのフロッピーディスクに収録され、2週間のデータ（3.5インチフロッピーディスク2枚）が郵送される。設置後の9月29日11:30UT頃、太陽宇宙線フレアにともなう、とが分かる。

CNA現象が始まり、10月1日20時頃まで継続し、吸収が10db以上に及ぶこともあった。また、下図の16チャンネル吸収データに示すように、10月22日3:30UTから5時までCNA現象が観測された。この現象は、10月21日、北海道で見られたオーロラ現象を引き起こした磁気嵐と関連すると思われるが、現在、地磁気等関連データを入手していないので判断できない。このCNA現象の吸収領域を2次元カラー画像化するプログラム開発によって得た吸収画像を図に示す。その時間的変動を見ると、約10分の周期で低緯度のオーロラ域から吸収領域がニューオルソンの極冠域まで移動してきたこ



オーロラ吸収の極冠域への発展について

— 1988年9月22日、23日の解析例 —

山岸 久雄 Peter Stauning 巻田 和男
(極地研) (デンマーク 気象研究所) (拓殖大・工)

1. はじめに

われわれは1988年9月よりデンマーク気象研究所(DMI)と共に、グリーンランド西岸、ゴッドハーブン(磁気緯度 77°)にて、極冠域オーロラの地上観測を行っている。DMIはグリーンランドの西岸及び東岸に、オーロラ帯から極冠域までのびる、マグネトメータ、リオメータ及びオーロラ全天カメラのネットワーク観測を実施しており、極冠域オーロラとオーロラ帯との関連性を調べる上では極めて好都合な観測条件が満たされている。1989年9月～12月、DMIのPeter Stauningが極地研に外国人研究員として滞在された機会に、われわれのゴッドハーブンの観測とDMIのネットワーク観測との比較を行った。今回はオーロラ吸収のPoleward expansionについて解析例を報告する。

2. オーロラ吸収の高緯度への発展について

ゴッドハーブンでオーロラ吸収が観測される時は、オーロラのpoleward expansionが極めて高緯度(磁気緯度 77° 以上)まで到達したことを意味しており、どのような条件下で(例えばIMF等)このようなことが起こるか、調べる必要がある。また、このようなexpansionは(i)一気に高緯度まで到達する (ii)段階的に高緯度へ到達する (iii)或る緯度範囲をとりこえて高緯度へ到達する(Poleward leap)等の場合があることがネットワーク観測から明らかにされており、これらが起こる条件を調べることも重要である。

上記(ii)や(iii)の場合、観測点間隔が200～300 kmのネットワーク観測からは真のexpansion velocityが求められない可能性がある。一方、ゴッドハーブんに設置されたマルチビームリオメータでは正確な伝搬速度が求められることから、両者の同時比較が必要となる。

3. (1) 1988年9月22日の例

地磁気活動度は中程度($K_p = 3 \sim 4^-$)。

0220 UTにオーロラ帯で擾乱が始まり、0310 UT擾乱はゴッドハーブン上空に到達し、オーロラの北東方向への移動と、それに伴うオーロラ吸収の移動が見られた。Poleward expansionの型としては2(ii)であった。

(2) 1988年9月23日の例

地磁気活動度は中程度($K_p = 3^+$)。0130 UTにオーロラ帯で擾乱が始まり、0150 UT付近、磁気緯度 68° から 77° まで一気にPoleward expansionが起こった。ゴッドハーブンは、このexpansionが停止する位置にあたり、南北方向に動きの乏しいオーロラとオーロラ吸収が見られた。

なおゴッドハーブンのMLTはUT-2.5である。

4. 南北半球共役性について

上記2つの例について、メリーランド大学T. Rosenberg教授より南極点基地のイメージングリオメータ観測結果を提供して頂き、ゴッドハーブン、マルチビームリオメータによるオーロラ吸収像と比較を行った。南極点基地の地磁気共役点はカナダ北極圏のフロビッシャーベイ付近にあり、ゴッドハーブンはそこから北東へ700 km程度離れているにもかかわらず、両者は良い相関を示した。特に9月22日の例では吸収現象の開始、終了時刻、動きに至るまで一致した。

9月23日の例では、南極点の方が7分早く始まり、5分早く終了している。

南極と北極の緯度対称位置における中間圏ナトリウム層のライダー観測結果の比較

野村彰夫, U. VON ZAHN, G. HANSEN

信州大学工学部, INSTITUTE OF PHYSICS, UNIVERSITY OF BONN

前回の報告では1985年に南極の昭和基地 ($69^{\circ} 00' S, 39^{\circ} 35' E$) で行った中間圏ナトリウム層のライダー観測結果 (42夜) からオーロラ活動がナトリウム層に影響を与えることを明らかにした。オーロラ活動下での14夜の観測例の内、8例 (その後の詳しい検討の結果、18夜で11例) にその影響が認められたことを報告した。また、大気波動の活動が南極では何故朝方に活発であるのかという疑問に対して、これは下方からの重力波の影響ではなく、オーロラ活動の影響を受けたものであることも明らかにした。

今回の報告では、野村が1989年の9月から10月にかけての約1か月間、Bonn大学 (西ドイツ) に滞在して、von Zahnらのライダーグループが北極圏のAndoya Rocket Range ($69^{\circ} 17' N, 16^{\circ} 01' E$, Andenes, Norway) で観測したナトリウム層のデータについて、南極のデータ解析と同じ手法を用いて解析を行い緯度対称位置におけるナトリウム層の比較検討を行った。

解析はまだ完結していないが、次の2つの事象について興味ある結果が得られた。

1. Sudden Sodium layers (SSL)

このSSLは、通常のナトリウム高度分布に重なる突然出現する厚さ2km以下の高密度なナトリウム層のことで (Fig. 1 に北極での観測例を示す)、北極圏ではしばしば観測される現象である。すなわち、北極での観測結果では、1985年の12月から1987年の11月までの約2年間に378時間観測した中で、このSSLが42例観測されている。一方、南極では、1985年の4月から10月にかけての7か月間に383時間観測した中で、わずか2例であった。このSSLのメカニズムはまだ解明されていないが、両極における中間圏上部大気の非対称性を示す一例と考えられる。

2. ナトリウム層のオーロラ活動による影響

この点について、Bonn大学のグループは検討を行っていないので、野村が北極で得られたデータについてFFT解析や波動活動指数を求め検討を行っている。その結果、Fig. 2 に示すように南極での結果と同様なオーロラ活動の影響を受けていることが明らかとなった。また、SSLとオーロラの影響とは、波動活動指数の時間変化に明らかな差が見られる。すなわち、SSLの場合、短時間に急激な変化をするのに対して、オーロラの場合、その影響は数時間に及んでいることがFig. 1 と Fig. 2 の変動指数の時間変化の結果を比較してみると明らかである。

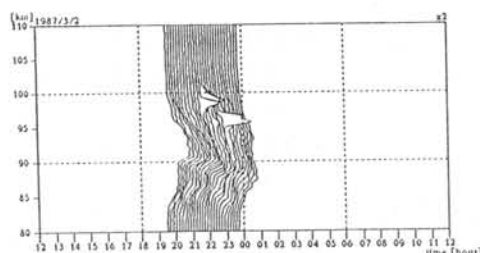


Fig. 1(a)、ナトリウム分布の時間変化 (SSL の出現した観測例) Andoya, March 2, 1987

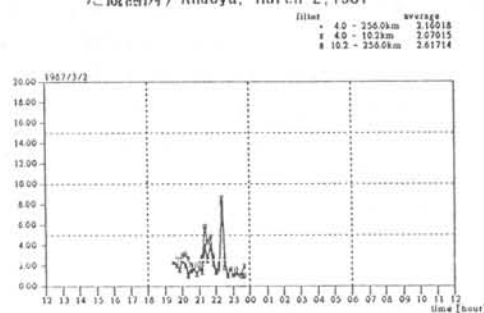


Fig. 1(b)、上図結果に対する波動活動指数の時間変化

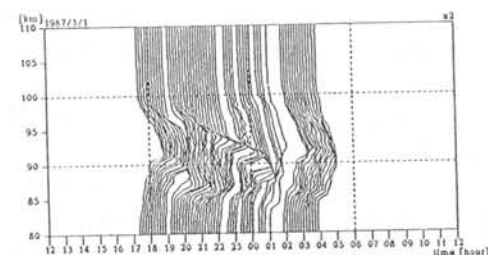


Fig. 2(a)、オーロラの影響を受けたナトリウム分布の時間変化, Andoya, March 1, 1987

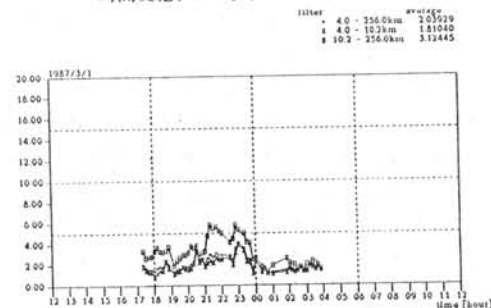


Fig. 2(b)、上図結果に対する波動活動指数の時間変化

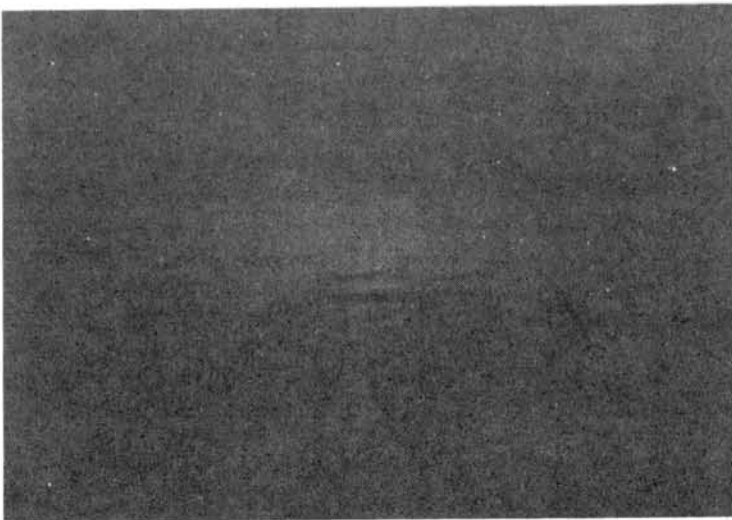
菊池 崇¹、丸山 隆²¹ 通信総合研究所平磯宇宙環境センター² 通信総合研究所稚内電波観測所

1989年10月21日午後8時40分、北海道の北方で真っ赤なオーロラが現れた。IGYから数えて約30年ぶりの出来事である。このオーロラの原因となった太陽フレアは10月19日12時29分UTに発生し、その規模は4B/X13であった。面積(4)、明るさ(B)共に最大クラスであり、X線強度はGOESの測定限界X12 ($12 \times 10^{-4} \text{ watt/m}^2$) を越えるものであった(したがって、X13は推定値)。この太陽フレアは日本時間で午後9時29分に発生したために、平磯宇宙環境センターの白色光、H α 光観測装置で捉えることは出来なかった。しかし、気象衛星ひまわりの衛星環境モニター(SEM)は太陽フレア発生から約2時間後に地球へ到達した大規模な太陽プロトンをつえた。これらのデータをもとに、平磯宇宙環境センターは大規模地磁気嵐の警報を発令し、関係の大学、研究機関、電力、衛星、通信などの機関へ伝達した。特に、稚内電波観測所へはオーロラ発生の可能性を伝えた。その結果、稚内電波観測所においてオーロラを観測、写真撮影に成功した。

10月21日のオーロラは午後8時40分から9時すぎまでと、午後11時15分から約10分間、観測された。いずれも真っ赤なオーロラで、オーロラ発生は地磁気日成分が急激に増加する時間帯に一致した。地磁気嵐が充分発達した段階でサブストームが発生したためにオーロラが発生したことが確認された。21日に出現した2回のオーロラは、それぞれ北見と稚内で写真撮影された。今回のオーロラで注目される点は、中緯度特有の真っ赤なオーロラが白い線状構造を持っていたことである。午後8時40分のオーロラでの線状構造は極地研・宮岡、空電研・湯元の両氏が空電研母子里観測所で確認した。午後11時15分のオーロラの線状構造は稚内電波観測所で写真撮影した。

本講演では10月21日にオーロラを発生させた太陽フレアとその結果発生した宇宙環境擾乱を概観し、2度発生した赤色オーロラの写真を紹介する。1回目のオーロラは北見天文クラブの津田、副島両氏が撮影し、2回目のオーロラは稚内電波観測所の丸山が撮影したものである。

図1 稚内電波観測所で撮影した赤色オーロラ。
磁力線方向に筋構造が認められる。



北海道・母子里観測所における低緯度オーロラ観測

宮岡 宏, 湯元清文, 田中義人, 平澤敏男
(極地研) (名大・空電研) (極地研)

1989年10月21日 11:38~12:30(UT)に北海道において国内ではIGY期(1958年2月11日, 1960年4月30日, 11月13日)以来約30年ぶりにオーロラが出現した。我々のグループでは、太陽活動がピークとなる1989~1990年に予想される低緯度オーロラに焦点を合せて観測準備を進めていたが、上記オーロラについて北海道の名古屋大学空電研究所附属母子里観測所(44°22'N, 142°16'E)において光学観測をオーロラ出現の約1時間前より開始し、貴重な低緯度オーロラの観測に成功した。

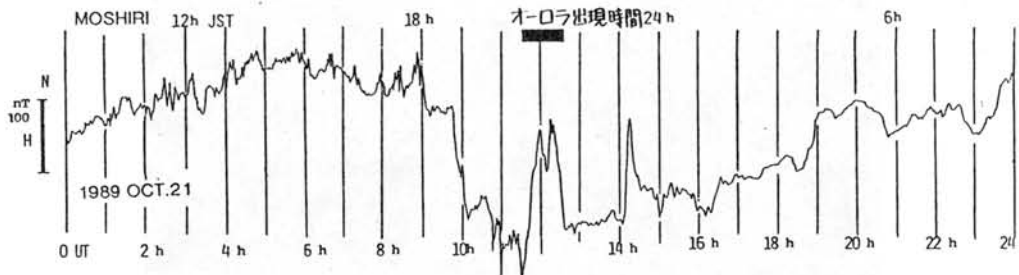
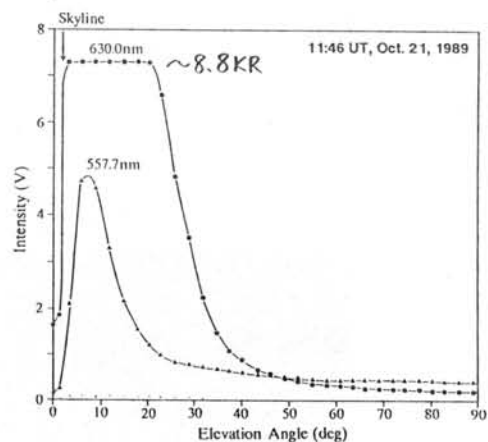
光学観測としては、掃天型フォトメータにより4278Å, 5577Å, 6300Åおよび6683Åの4波長の強度を同時に測光した。またフラックスゲート磁力計によりオーロラに伴う地磁気成分の変動も併せて観測した。オーロラは、初め磁北から約10°~20°東側の方位(つまり真夜中方向)に地平線上約20°~30°を上限としてdiffuseな半楕円形の形状、暗赤色で出現し、数分のうちに発光の中心部は磁北方向に移動し強度も増した。最も活発な時間帯では、diffuseなオーロラに加えて、仰角30°~40°の高さをもつdiscreteオーロラ(白く光る光柱のように見える)が2~3本重畳して観測された。

[第1図] オーロラ強度ピーク時の6300Åおよび5577Å波長の掃天データ(横軸は掃天角度)。

[第2図] 1989年10月21日の低緯度オーロラ出現時の地磁気H成分記録。

第1図は、オーロラ発光ピーク時における6300Åおよび5577Å波長の掃天測光データである。観測4波長の中で6300Åが圧倒的に強く、この場合観測ダイナミックレンジ(8.8KR)を越えてsaturationしたが、推定ピーク値として約15KR(Van Rhijn効果補正すると5KR)の強度が観測された。また5577Åで数KRの発光が記録されたが、これはdiscreteオーロラも見ているもので、diffuseオーロラ中では、数100Rの強度にとどまっている。また6683Å, 4278Åの強度は極めて小さく20R以下であった。

第2図は、母子里観測所におけるオーロラ発生時の地磁気H成分の記録である。オーロラの発生が特大型磁気嵐の主相に起った史上最大級の低緯度型磁気嵐変化($\Delta H \approx 200$ nT)と見事に一致していることがわかる。



齊藤文一・高橋利保・木山喜隆・遠藤英範，新潟大理・新潟大教養

I. 観測機種・方法

1. 光電測光 天頂方向，波長5577Å，6300Å，5890-96Å，6328Å
18-22時(JST)。
2. 全天カメラ 19-22時(JST)まで，1，2，5分の露光時間で21枚撮影，
フィルム コダック・エクタクローム1600。
3. 分光測光 子午線上二方向(天頂角 N70°，S50°)19-04時(JST)まで
9時間露光。
分光写真特性 カメラレンズはシュミット型 F/0.7，
フィルム面上線分散 175.8Å/mm，最小分解波長幅 3.3Å，
ステップ・ウェッジ 二段透過率(100%，10%)使用。
4. ファブリリー・ペロー干渉計によるドップラー温度 天頂方向，5577Å，
18-22時(JST)。

II. 観測結果

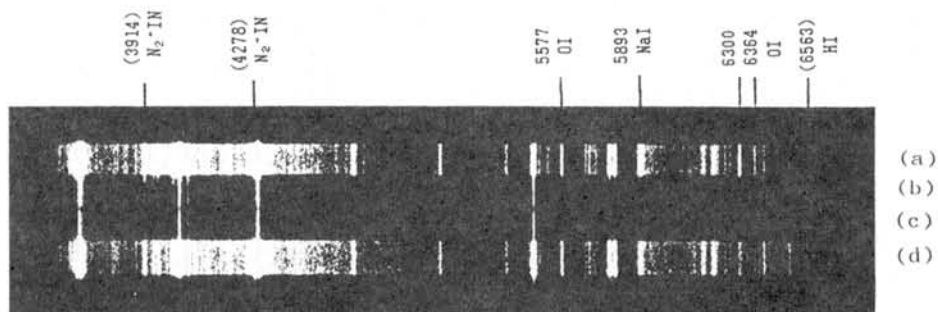
観測地，新潟，地理緯度 N 37°42' (磁気緯度 N 27.4°)。

1. 天頂方向光電観測結果は，20:40-21:30に微小増加
80R(6300Å)，30R(5577Å)。
2. 全天カメラ 20:40-21:04(連続写真6枚)に，北の空，日本海上空，
仰角 $\leq 12^\circ$ ，東西方向 $\sim 40^\circ$ に淡いピンク色のオーロラが認められた。
3. 分光写真 第1図において，上段数字は波長(Å)，
カッコ内数字は今回の観測で，検出可能
レベル以下の成分の波長，人工光スペクトルは
主にHg，Ne，Na等によるものである。
N70°におけるオーロラ発光強度は，
6300Åが ~ 8 kR，6364Åが ~ 2 kR，
5577Åが ~ 4 kRと推定された。
4. 天頂5577Åのドップラー温度は，
オーロラ時に200°Kで，オーロラの影響は
認められなかった。

	方向	天頂角	ウェッジ
(a)	N	70°	I
(b)	N	70°	II
(c)	S	50°	II
(d)	S	50°	I

ウェッジ透過率 I (100%)

II (10%)



第1図 1989年10月21日 低緯度オーロラ・スペクトル

上井哲也 角村悟 桑島正幸 長谷川一美 福井史雄 豊留修一

地磁気観測所

地磁気観測所女満別出張所

1989年10月21日の11^h40^m~12^h00^mUT, 14^h15^m~25^mUTに北海道においてオーロラが観測された(通総研平磯支所発電波地球環境予報による)。また, 11月17日の16^h42^m~16^h59^mUTにも, 女満別においてオーロラが観測された。これらのオーロラはそれぞれ10月20日の01^h15^mUTおよび11月17日の06^h10^mUTより開始した磁気嵐に関連するものと考えられる。磁気嵐そのものの規模は, 柿岡での地磁気H成分のレンジにしてそれぞれ307 nT, 252 nTとそれほど大きくなかったが, オーロラ発生時刻付近で, 地磁気H成分に急増加が見られたのが興味深い(図1)。この増加にはそのオンセット時にPi2が発生していることから, 極域でサブストームが起こったことに起因するbay disturbanceと推定される。

1GY期間に女満別で観測された3例のオーロラについても, オーロラ発生もしくはその発光強度の変化に対応して地磁気H成分の増加が認められたが, それらの内には, 他の低緯度の地磁気観測所のデータとの比較から磁気圏の圧縮と考えられる事例もあった。いずれにしても共通していたのは, 各磁気嵐の主相発達後であることである。オーロラそのものは磁気嵐発達に伴うSARアークが低緯度で観測されたものだと解釈できる。主相発達後にbay disturbanceや磁気圏の圧縮が重畳した場合に, それ自体はオーロラ発生に寄与しないとしても, オーロラ発光状況の変化をもたらすことは十分に考えられる。本講演では, これまでに得られた低緯度オーロラの観測例をもとに, 低緯度オーロラと地磁気擾乱との関連について議論する。



図1 女満別, 柿岡, 鹿屋における1989年10月20日~21日の磁気嵐記録

五十嵐喜良¹、大谷 晃¹、丸山 隆²、田中正利³、鎌田満博³、西牟田一三⁴、小林敬生⁵
 (1:通信総研(CRL), 2:CRL/稚内, 3:CRL/秋田, 4:CRL/山川, 5:CRL/沖縄)

1. はじめに

1989年10月22日に、31年ぶりに北海道でオーロラが観測され、11月18日にも2度目のオーロラが観測された。ここでは主として、通信総研の5つの電波観測所で15分毎に取得しているイオノグラムのデータ及び国分寺で受信している斜めイオノグラムのデータに基づき、今回の中緯度オーロラに伴う電離圏の擾乱現象の特徴について報告する。

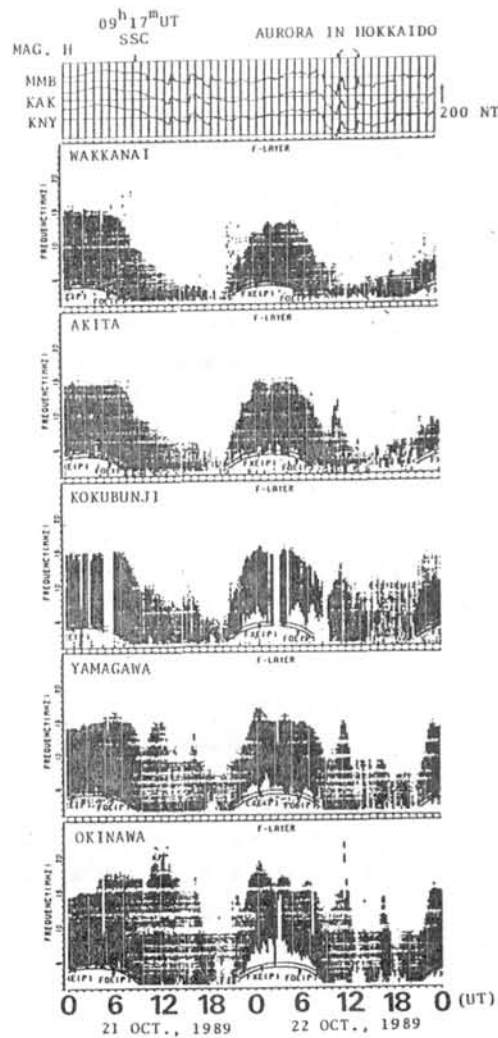
2. 観測結果

第1図にイオノグラムからとめたF層のサマリープロットの比較結果を示す。10月22日の1030UT頃からf_oF₂の値が異常増加を示し始め、地磁気H成分が減少から増加に転ずる1130UT頃にf_oF₂がピーク値を示し、その後急激に減少する。このf_oF₂の減少の過程で、オーロラが観測された。2300UT過ぎの2回目のオーロラも地磁気H成分が増加する過程で観測されたが、f_oF₂は第1回目程顕著な増加は見られなかった。しかし、秋田電波観測所では1345UTに2度目のピークを示している。

次に、イオノグラムの粒子E層について見てみると、2045UTに稚内電波観測所で見かけ高度200kmに粒子E層が観測された。他の観測所では、稚内ほど顕著な粒子E層は観測されなかったが、秋田と国分寺のイオノグラムには、かなり広範囲(高さ及び周波数の両方)にわたるスプレッドエコーが観測されイオノグラム全面がノイズで覆われたように見えた。2300-2330UTにかけてのイオノグラムには、沖縄を除く4観測所で粒子E層が観測され、2300UTの見かけ高度が170km程度であったものが2330UTには150kmまで下降した。稚内ではイオノグラムのエコーに散乱が見られないのに対し南の観測所では散乱が観測された。こ

れは、南極のVHFオーロラレーダと光オーロラの比較観測結果からも明らかにされたが、オーロラ内では電場が弱く不規則構造ができづらいことに対応しているものとも考えられ興味深い現象である。

また、斜めイオノグラムの観測結果及び11月18日のオーロラ時にイオノグラムに現れた電離圏擾乱の特徴についても報告する。



第1図 F層のサマリープロットの比較

GPS 2周波相関方式電離層遅延時間測定装置による

1989年10月21日のオーロラ現象前後の全電子数測定結果

山本淳¹、今江理人²、三木千紘²、皆越尚紀²、川合栄治²、高橋富士信²¹ 電気通信大学² 郵政省通信総合研究所

1. はじめに GPS 2周波相関方式電離層遅延時間測定装置 (GTR-2) は、GPS 衛星から同時に送信される2周波の電波 (1.5, 1.2GHz) を受信し、2周波間の相関振幅から伝搬遅延時間の差を求めることによって、電離層による伝搬遅延時間 (全電子数) を測定する装置である。通信総研 (小金井) では、この装置による全電子数測定を 1989年5月に開始し、データを継続的に取得・蓄積している。1989年10月21日に稚内でオーロラが観測されたが、この前後の全電子数の変化について測定結果を報告する。また、静止衛星 ETS-III の VHF 電波のファラデー回転測定から得られた全電子数との比較結果についても述べる。

2. 全電子数測定結果 図1に10月21日のオーロラ現象前後の全電子数測定結果を示す。各記号は測定に使用した衛星の番号に対応している。GPS 衛星の高度は約 20000km なので、得られた全電子数は地上から 20000km 高度までのものである。天頂方向への換算は、単純な電離層モデル (同心球状で地上高 200~450km に一様に分布) を使用して行っている。また、この期間では北側の観測結果しか得られていない。図1を見ると10月22日の全電子数が、前日と比べて急激に減少している様子が顕著に現われている。また、その後徐々に元の状態に回復していく様子がわかる。

3. ファラデー回転との比較 通信総研では、従来から全電子数の測定を、静止衛星 ETS-III の VHF 電波のファラデー回転を利用して行っている。ファラデー回転が、電子密度だけでなく磁気強度等にも関係することから、この手法では地上から高度 2000km 程度までの全電子数を測定していると言われている。図2は1989年11月のデータを使用して両者の比較を行った結果である。横軸はファラデー回転、縦軸は GTR-2 で得られた全電子数を示す。全電子数の絶

対値については、GTR-2 の正確な局内遅延が求まっていないため、比較はできないが、相対的には両者がほぼ線形な関係にあることが図2からわかる。また、これを1次近似すると、その直線の傾きは約 1.1 であり、GTR-2 がファラデー回転の測定結果より 1割程度変化の大きなものとなっている。この結果は、GTR-2 がより高高度までの測定をしていることと、符合している。

4. まとめ GPS を利用した観測システムにより、オーロラ現象前後の貴重な全電子数データが取得された。太陽活動もまだしばらくは活発であると予想されるので、今後の観測結果にも注目したい。

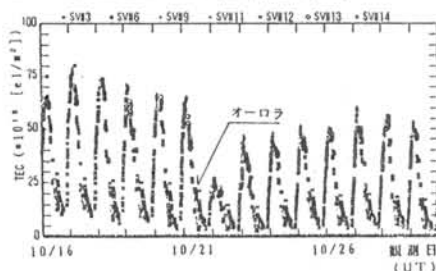


図1 GPSによる全電子数測定結果

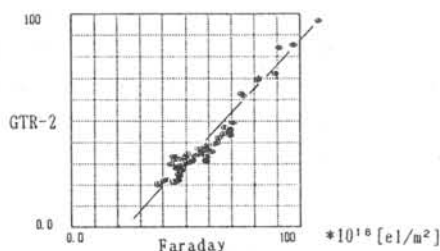


図2 全電子数測定結果の比較

参考文献

- [1] 今江他; GPS 2周波相関方式電離層遅延測定装置の開発と受信結果, 第12回本講演会要旨, 1989年1月
- [2] 皆越他; 日本付近の電離圏全電子数と衛星電波への影響, 第72回電波研究所研究発表会予稿, 1987年6月

昭和基地大型短波レーダ計画 — 2

A Plan of HF Radar Experiment at Syowa Station - 2

小川忠彦¹、平沢威男²、江尻全機²、佐藤夏雄²、山岸久雄²、藤井良一²、五十嵐喜良³

(1: 通総研平磯、 2: 極地研、 3: 通総研)

前々回及び前回のシンポジウムにおいて、STEP期間中の昭和基地における大型短波レーダ計画を紹介してきた(小川他)。昭和基地で現在稼働中のVHFオーロラ・ドップラーレーダでは、基地からせいぜい250~450 km離れたオーロラ帯のE層高度のプラズマ運動しか測れないため、昨今注目を集めている極冠帯やカスプ域の研究には適さない。これらの領域のプラズマ運動の観測を昭和基地から行うには、短波(HF)レーダの建設が必要である。HF波が伝搬途中で屈折することを利用すると、レーダ出力にも依存するが、基地から2000~3000 km 迄のE/D層のドリフトを知ることができる。

HFレーダの有用性については、北極のGoose Bayレーダによる研究が示すように、既に認知されている。Goose Bay と conjugate の関係にある南極の英国基地Halley Bayにも同様のレーダが1988年に設置され、同時観測に入っている(PACE計画; Baker et al., EOS, Aug. 22, 1989)。この様に、HFレーダによる極冠帯やカスプ域の研究は今後重要になるものと思われるため、我々も昭和基地レーダの早期の完成を目指して、建設計画を進めている。

昭和基地HFレーダ計画

- ・アンテナ系 — 16基のログペリアンテナ(高さ約15 m、全長約240 m)。phased-array方式。アンテナビーム数は16ビームで、各ビームの水平面内半値幅は約3度。アンテナの設置場所は調査中。

- ・レーダ出力 — 各アンテナはピーク出力が約1 kWの送信機を保有。16基のアンテナから合計16kWのコード化されたパルス電波を発射。
- ・観測可能範囲 — 16ビームを順次電氣的に走査し、水平面内で約50度の範囲の観測を約80秒の時間分解で行う。観測可能な地磁気緯度範囲は68~85度。
- ・観測量 — エコー強度、ドップラースペクトル。
- ・建設計画 — 1991年1月アンテナ基礎部
1992年1月全体完成
(予算事情による)
- ・コンピュータネットワーク — 日本からのデータアクセス及び諸外国とのデータ交換を考慮すると、基地と日本との間のコンピュータネットワークの構築が必要。

共同観測

昭和レーダビームの一部はHalley Bayビームの一部と重複している。一般に、プラズマの2次元ドリフトを求めるには一点を2方向から観測する必要があるが、我々の計画ではこれが可能になる。また、昭和レーダとGoose Bayレーダとのconjugate観測もできる。この様に、北極と南極のHFレーダにより、極冠帯やカスプ域の研究が格段に進歩するものと期待される。

その他、STEP期間に打ち上げる多くのISTP衛星群との共同観測も重要なテーマになろう。

WHAT TO EXPECT FROM THE (PLANNED) HF-RADAR AT SYOWA STATION

Alfred Frey
National Institute of Polar Research

The construction of an HF-radar at Syowa Station is presently under consideration. In conjunction with the HF-radar constructed by BAS in 1988 at Halley-Bay it should be possible in principle to resolve the vector velocities within the overlapping fields of view. In practice however geometric effects due to aspect-sensitive scatter seriously limit the field of view of an HF radar at heights below 250 km if pointed within about 30deg of the magnetic pole creating an important "blind spot". This effect which primarily affects the lower F-region and the E-region for HF radars has so far been ignored. It is at these inaccessible heights where ULF-waves induce strong signatures and electrostatic ion cyclotron waves have previously been observed.

At higher altitudes refraction by the ionospheric plasma generally extends the field of view for aspect sensitive scatter but usually to shorter ranges and not to the high latitudes which therefore can only be reached by second hop backscatter. Refraction effects can very seriously affect where the observed returns are coming from and additional diagnostics (i.e.; ionosonde downrange from the radar) are indispensable for such an experiment. Without such knowledge returns from the two radars may appear to be from the same location, but may actually come from very different heights making vector velocities composed of the two line of sight velocities quite useless. This problem is naturally even more serious for second hop returns, which constitutes the majority of returns.

山岸久雄 菊池 崇 西野正徳 小島正宜 佐藤夏雄
(極地研) (通統研 平磯) (名大空電研) (同左) (極地研)

1. はじめに

高エネルギー降下粒子により起こされる電離層電波吸収 (CNA) を測定するリオメータは 1959 年、LITTLE と LEINBACH により開発されて以来、極域を中心としてネットワーク観測が進められ、オーロラサブストームに伴う高エネルギー粒子群の運動のモニターとして有効な役割を果たしてきた。1980 年代に入り、複数の鋭い指向性ビームを備えたアンテナを用い、空間分解能の優れたリオメータ観測が行なわれるようになり、CNA 現象は従来考えられていたよりもはるかに微細 (~ 10 km) な空間分布をもつことが明らかになってきた。1988 年、Rosenberg 等は 南極点基地に 49 本 (7×7) のアンテナビームを用いて CNA を二次元画像として観測する画期的なシステム "イメージングリオメータ" を設置し観測を開始した。

日本においても 1985 年、南極昭和基地に東西、南北各 11 本のアンテナビームによる掃天リオメータが設置され、光オーロラと CNA の形態比較、移動性 CNA 現象等の研究がなされてきた。その後、日本でもイメージングリオメータを開発しようとの努力が、我々のグループによりなされ、1989 年秋、アンテナ及び受信系の準備が整い、名大空電研豊川にてフィールドテストが開始された。テストの結果が順調であればこのシステムをアイスランドに設置し、昭和基地掃天リオメータと併せ CNA の高空間分解能南北共役観測を行いたい。

2. 機器構成

観測周波数はリオメータ観測で標準的に用いられている 30 MHz とする。アンテナはダイポールアンテナを 8 行 8 列、0.65 波長 (6.5 m) 間隔に並べた配列アンテナとする。これらのアンテナは各列毎に、8 個の 8 入力バトラーマトリクスに入力され、その出力は更に 8 個の 8 入力バトラーマトリクスに入力される。二段目のバトラーマトリクス出力 (64 出力) は、

それぞれ 64 本の、ペンシルビームに対応する。アンテナビームの半値幅は 11° であり、またビーム方向は、天頂角 $\pm 42^\circ$ の範囲を約 11° 間隔に並ぶことになる。

64 本のペンシルビームにそれぞれリオメータを接続することが、(時間分解能の観点からは) 理想であるが、経済性との兼ね合いにより、8 組のリオメータを順次スイッチングして 64 本のアンテナビームに接続することにした。これは 8×8 画素の画像を 8 素子のラインセンサーにより、ラインスキャンすることに相当する。スキャン時間はリオメータの AGC 回路の積分時間に依存するが、標準的には 4 秒の掃引周期を予定している。

観測データの表示及び記録はパーソナルコンピュータを用い、記録媒体としては当面 DAT を用いるが、本格的観測開始時は光ディスクを予定している。

3. 豊川におけるフィールドテスト

1989 年 9 月、64 本のダイポールアンテナが、名大空電研、豊川に仮設され、アンテナインピーダンスのマッチング調整が行なわれた。その後、受信系、記録系の準備が順次整い、10 月～11 月にアナログ記録で、12 月～1 月にデジタル記録方式で試験観測を行った。

昼間は周囲の工場や放送波等の人工雑音が多く、受信器は飽和するが、夜間は銀河雑音レベルの日変化が明瞭に観測された。各アンテナビームの視野方向を CANE (1978) による 30 MHz 全天銀河雑音分布図に投影し、観測された日変化と比較したところ、良い一致が見られ、アンテナビームが正常に形成されていると考えられる。

アイスランドにイメージングリオメータを設置した場合の、観測上の狙い、予想される観測結果等については、議論で詳しく述べることにする。

ファブリーペロードップラーイメージングシステムによる超高層大気温度・風の観測

岡野章一¹、中島英彰¹、塩川和夫¹、福西 浩¹、小野高幸²

¹東北大学理学部超高層物理学研究施設、²国立極地研究所

私たちは熱圏ダイナミックスのリモートセンシングを目的とするファブリーペロードップラーイメージングシステム (FPDIS) の開発を進めている。FPDISはファブリーペローエタロンを中核とし、広角光学系と組み合わせて天空の広い範囲のオーロラ輝線または大気光輝線のドップラー変位およびドップラー幅を測定する装置である。測定されたドップラー量からは熱圏の風 (視線方向成分) と温度の2次元分布が求められる。

プロトモデル (エタロン有効径 80mm) での経験を生かして大型モデルの製作を最近完了した。光学系の天空視野角は 150°、エタロン有効径およびスベリングはそれぞれ 116mm および 12mm で、フォトンイメージングヘッド光電面に結像された干渉フリンジ像は光増幅された後CCDイメージングセンサーで検出され2次元画像解析装置により二値化、画像積分等の処理をうける。

このFPDISは第31次南極観測において昭和基地でオーロラ観測を行う予定で既に日本を離れているが、ここでは蔵王観測所において大気光 01557.7nm を試験的に観測して得られた下部熱圏温度、風の結果について報告する。

図1および図2はそれぞれ大気光による干渉フリンジ像および波長安定化ヘリウムネオンレーザーの632.8nmを光源とする較正用干渉フリンジ像を示す。大気光によるフリンジはレーザー光によるものに比べて明かに幅が広いことがわかる。レーザーによるフリンジを用いてフリンジ中心、装置係数の決定を行ったのち大気光フリンジの解析を行う。大気光フリンジから風、温度を求めるデータ解析についてはKilleen and Hays (1984) がDE衛星のFPIのデータ解析に用いた方法を基本に開発を行った。

図3は大気光フリンジの中心を通る断面 (天空上では南北方向に対応) についてCCDピクセル番号に対して光の強度をプロットしたものである。図4は図3のデータから天空上のいくつかの点について風の水平成分と温度を求めたものである。この例では大気光フリンジは256秒の時間積分で得られた。現在フォトンイメージングヘッド内の電子レンズによると思われる画像の歪が未補正であり定量的には問題が残るが、装置の性能および解析手法については確認することができた。

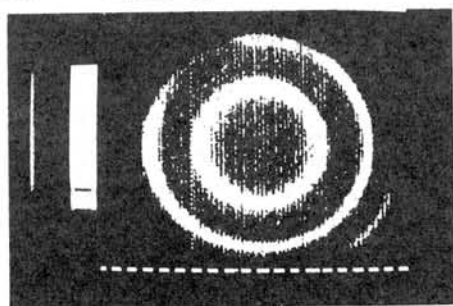


図1 大気光フリンジ

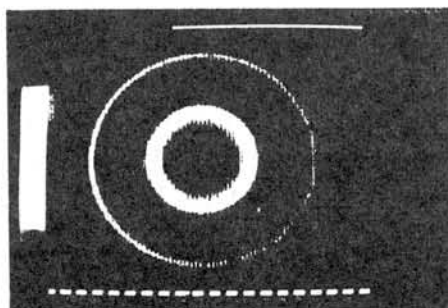


図2 較正用レーザー光フリンジ

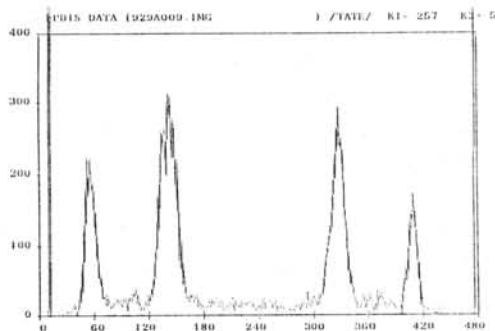


図3 フリンジ像の南北方向断面

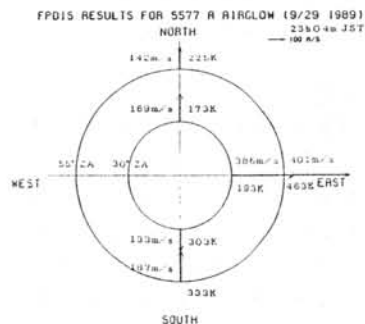


図4 図3のデータから求めた風、温度

昭和基地近傍における地磁気無人観測

坂 翁 介

佐藤夏雄

九大・理

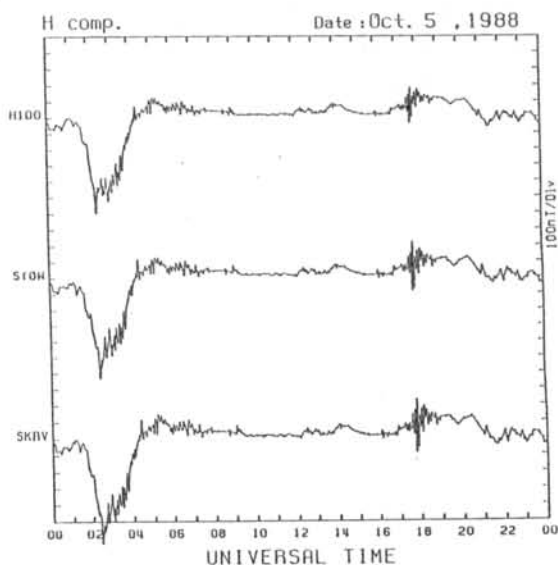
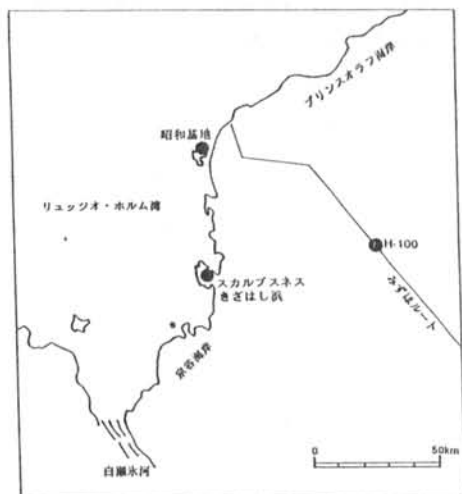
極地研

第29次隊越冬中に、地磁気の無人観測を昭和基地近傍で実施した。リングコア型フラックス磁力計のデータは、16メガバイトのデータレコーダに記録された。時刻精度はオメガ電波を受信することにより約10 msec 以下に保たれた。極低温下における無人観測システム動作の鍵は電源であるが、今回のシステムは -50°C でも動作可能なジェット燃料（灯油）を燃焼させる熱発電機（Thermo-Electric Generator）を使用した。

経過として、越冬中の前半は昭和基地内でシステムの手直しやテストを行い、9月より本観測を開始した。2機の無人観測システムのうち、1式はみずほルート上の H-100（昭和基地より約南方100 km）に、他の1式は沿岸のスカルプスネス（昭和基地より南西約50 km）に設置した。両システムは、ほぼ順調に動作し、越冬交代時期まで観測を続けた。

このシステムは第31次隊で再テストを計画している。将来は厳寒の南極大陸内での無人観測網システムとして威力が発揮されるものと期待している。

図1に無人観測点と昭和基地との位置関係を示した。図2には、1988年10月5日に観測された地磁気H成分データ例を示した。



赤道一極域擾乱研究の現状と1990年度計画

北村泰一、坂 翁介、藤原 学（九州大学理学部）、

藤井良一、平沢威男（極地研究所）

オーロラサブストームやオーロラジェットなど、極域における擾乱は磁気圏擾乱の地上における端的なあらわれとして認識されているが、赤道ジェットも磁気圏擾乱に敏感に反応するという認識はそれほど一般的ではない。それは、南北オーロラジェットは夜側に、赤道ジェットは昼側に存在する現象であるので、オーロラジェットと赤道ジェットとの直接の関係はないとする考えによるものであろう。

本計画の目的は、極域と赤道域がいかなる回路によって結ばれているかを明らかにしようとするものである。それには、まず、赤道ジェットそのものの解明から始めねばならない。ステップとして、

（1）まず、赤道ジェットの实態を明らかにするために、4つの異なる経度上に、赤道（磁気）をはさんで $\pm 10^\circ$ の範囲内に赤道とクロスするように最大6地点の磁気観測ネットを設ける。この4つの経度とは、カメルーン経度（ 15°E ）、パラオ経度（ 135°E ）、ペルー経度（ 75°W ）、およびブラジル経度（ 15°W ）の4経度である。

昨年（1989年）から出発した本赤道一極域擾乱研究は、初年度として、ペルーに1ヶ所、ブラジルに3ヶ所、カメルーンに1ヶ所の観測点を設け、現在観測を実行中である。

本年度（1990）は、これに加えて合計10-16の新しい観測点を設ける。

（2）昭和基地、アイスランドの観測は、高緯度データとして不可欠のものであるが、これと赤道を結ぶものとして、ダーウィン（オーストラリア）、サンタ・マリア（ブラジル）、ハートランド（英国）、ヴィクトリア（カナダ）に観測点を設ける。ダーウィンは久住と共役点、サンタ・マリアはダーウィンと同緯度、ハートランドはヴィクトリアと同緯度である。

これらのネットにより、

（a）CJ（カウンタージェット）の実態、

（b）赤道ジェットの3次元電流（子午面電流）、特に
朝側の子午面電流の有無、

（c）極域擾乱との関係
が解明される予定である。

AKEBONO 衛星による HIPAS-VLF 共同実験

木村磐根¹ A.Wong² 岡田敏美³ 山本正幸¹ 長野 勇⁴ 橋本弘蔵⁵¹京大工 ²UCLA ³名大空電研 ⁴金沢大工 ⁵東京電機大工

アメリカ合衆国アラスカ州フェアバンクスの郊外にある HIPAS(北緯 64.9°, 西経 146.8°) 設備により, 送信電力 1MW, VLF(2.5 kHz) 及び ELF 帯 (22 Hz) の周波数で振幅変調を行った 2.85MHz の電波を用いて電離層加熱実験を行い, 加熱領域から放射される VLF 電波を地上で, また VLF 及び ELF 帯の電波を Akebono 衛星で受信する実験を UCLA と協同でこれまで既に 2 回実施した。1 回目は平成元年 8 月 10 日より 8 月 20 日まで, また 2 回目は 11 月 26 日から 12 月 2 日に行った。2 回の実験はまだデータ解析が十分でないが本報告ではこの結果を速報的に紹介する。

VLF 地上観測は, HIPAS より北西約 35km にある NOAA トラッキングステーションの敷地内に 1 辺 2m の直交 2 軸ループアンテナを敷設し, DAT に信号記録を行った。

一方 Akebono による観測については, 第 1 回目は衛星高度が比較的低かったので, VLF-WBA (アナログ) は一部 HIPAS にある tracking 設備を用いて行い, PCM については大部分は衛星搭載のデータレコーダ BDR によって記録した。

このキャンペーンでは地上における VLF 観測で明瞭な HIPAS 送信に起因した 2.5kHz の信号が受信され, その偏波測定なども行われた。しかし, Akebono 衛星による観測では HIPAS 送信と関連した VLF 信号は検出されなかった。

第 2 回目のキャンペーンでは, 衛星の軌道を十分吟味して, 特に夜間で, 比較的磁気子午面に近い軌道で HIPAS 近傍を通るものを選び, また衛星高度が高いため衛星テレメータ受信はすべて PA で行うこととし, 担当者の 1 名が直接 PA に赴いてアナログテレメータによる VLF-WBA データを現地で確認し, また HIPAS へ電話回線を用いて伝送することを試みた。結果としては, 実験を行った 7 軌道のうち少なくとも 1 軌道で HIPAS 送信に起因する VLF 信号が受信された。

受信された軌道は 89112802 の軌道で, HIPAS 送信は 05:45:00 - 06:00:00 の 15 分間行い, 5s を 2.5kHz による AM, 次の 5s は 8 本の送信アンテナのうち 4 本の位相を逆相にする事により実効送信電力を 70% ほど減少させるモードを選んだ。

VLF 信号が明瞭に受信されたのは 05:51:30 からの約 4s 間で (図 1 参照), そのときの HIPAS

からの衛星の位置は方位角 205°, elevation 74°, 衛星高度 2300km であった。これは HIPAS を通る磁力線上にあり, 信号が受信された位置としてはもっとも可能性の高いところであるが, ほかにはその前後計 1 分間位の間に何箇所か受信されている程度である。この時刻に対応する地上観測も良好に行われており, 地上における 2.5kHz 信号強度は 1.3pT でかなり強い信号であり,

同時に第 2, 第 3 高調波成分である 5kHz, 7.5kHz がそれぞれ 0.1pT, 0.4pT の強度で受信されている。これは 2.5 kHz の VLF 波による変調が矩形波による 100% 変調度を行っているためで奇数次高調波が卓越する。

今回の観測期間中も第 1 回目と同様地磁気の活動度が高く, 毎夜オーロラがみられまた VLF 地上観測の 2.5kHz の強度も大変大きく, 113002 の軌道時には, 地上強度 4pT に達した。

謝辞

本実験は宇宙研 Akebono tracking 担当者各位並びに京大工・佐藤 亨講師の協力を得た。また HIPAS では W.Huhn, B.Chouinard, R.Dickman, J.Holey 氏の協力を得た, また PA 追跡局では, R.Irwin 所長以下 staff の方々の暖かい協力を得た。ここに厚く感謝の意を表す。本研究は科学研究費国際学術研究費 (No.01044070) によって行ったものである。

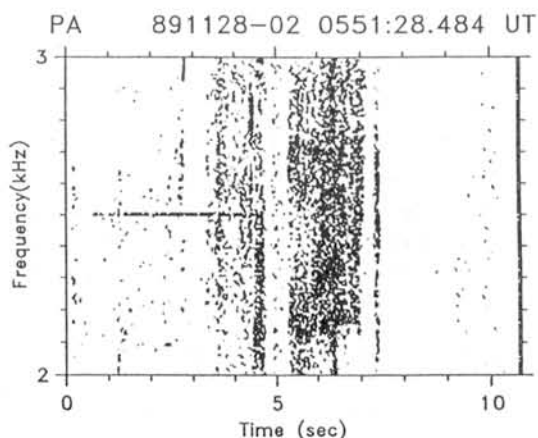


図 1: Akebono で観測された HIPAS-VLF 信号

橋本弘藏
電機大岡田敏美
名大空電研長野勇
金沢大工山本正幸, 木村磐根
京大工

あけぼの衛星に搭載された VLF 波動観測装置にはアンテナのインピーダンスをベクトル的に計測する VIP(Vector impedance measurement) と呼ばれる機能が含まれている。この機能は、アンテナのインピーダンスを測定して、周囲のプラズマの様子を調べたり、ワイアーアンテナで受信された電波の電界成分の絶対的な電界強度を求めるためのものである。

その原理は、図 a に示すようにワイアーアンテナに定電流源の出力を二つのエレメント間に印加し、アンテナの出力電圧をベクトル的に計測してインピーダンスを求める。計測範囲を拡大するために、アンテナの出力電圧が一定になるように定電流源の出力を自動的に制御している。このベクトル電圧を電流で割ると複素インピーダンスが求められるが、図 b のように一つのエレメントとアース間の抵抗とコンデンサに等価的に表すことが出来る。容量分はプリアンプの入力容量 C_{in} とアンテナ容量 (シース容量) C_s の和であり、抵抗分はシース抵抗 R_s でプリアンプの分は無視できる。 C_{in} は 100 pF である。アンテナに誘起される電圧は、1 エレメント当たり $h_{eff}E/2$ となる。 h_{eff} はアンテナの実効高で、 E は電界強度である。この電圧が、図 c のようにシースインピーダンスとプリアンプの入力容量で分圧されて入力電圧となるので、電界強度が求められる。

高度 3000 km 以上での観測結果は、抵抗分は 500 k Ω 程度、アンテナ容量は 250 pF 程度である。プラズマとアンテナの間のシースによって作られる同軸の容量としてアンテナ容量を近似すると、

$$C_s = 2\pi\epsilon_0 \frac{l}{\ln(\lambda + a)/a}$$

となる¹⁾。アンテナ長 $l = 30$ m, アンテナ半径 $a = 0.19$ mm, デバイ長 $\lambda = 15$ cm とすると $C_s = 250$ pF, $\lambda = 5$ cm の場合には 300 pF となり、厳密には λ はデバイ長よりも大きな値となるので妥当な結果であると言える。

測定上の問題点としては、インピーダンスは測れるのであるが、かなりスピン依存性が多く、地球磁場に対するアンテナの方向などに依存しているものと考えられるが、現在検討中である。

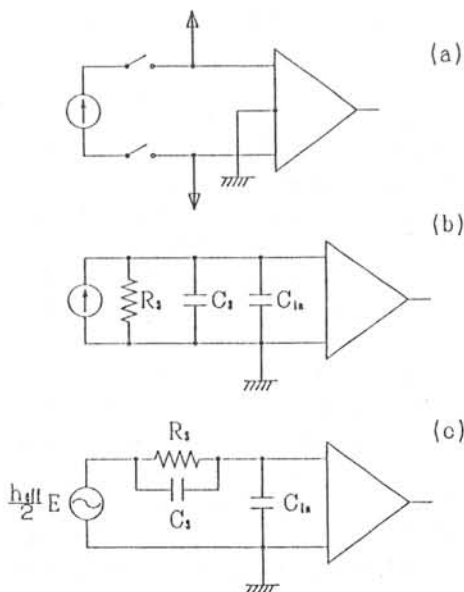
Table 1: 観測例

高度	4~600 km	8~9000 km
N_e	$\sim 10^3$ /cc	$3 \sim 5 \times 10^4$ /cc
C_s	300~350 pF	230~250 pF
R_s	250~330 k Ω	300~500 k Ω
f_{cr}	1.6~1.8 kHz	1.4~1.8 kHz

参考のために、今までに観測されたインピーダンスの例を Table 1 に示す。 N_e は他の観測器である高周波域プラズマ波動観測装置 (PWS) によって得られたアップーハイブリッド周波数と磁場計測装置 (MGF) より得られたサイクロトロン周波数から計算したプラズマ周波数である。 $f_{cr} = 1/2\pi C_s R_s$ は容量性インピーダンスと抵抗分が等しくなる周波数である。この周波数に比べて十分高い周波数においてのみアンテナインピーダンスは容量分のみと見なすことが出来る。

参考文献

- 1) T. L. Aggson and C. A. Kapetanakis, On the impedance of a satellite borne VLF electric field antenna, X-612-66-380, NASA Goddard Space Flight Center, August, 1966.



EXOS-D(あけぼの)によるオーロラ紫外撮像観測

金田栄祐¹⁾ 山本建人²⁾ 林幹治¹⁾ 藤井良一²⁾ 内倉昭²⁾ 江尻全幹²⁾ 巻田和男³⁾ 小口高⁴⁾
¹⁾ 東大理学部地物研 ²⁾ 国立極地研究所 ³⁾ 拓殖大工学部 ⁴⁾ 名大空電研究所

1978年 EXOS-A(きょっこう)によりその跡に着いた真空紫外光によるオーロラのスナップショット・イメージングは、その後、DE-1, VIKING によって引継かれ、オーロラのグローバル・ダイナミクス研究の為に有効な観測手段としての地位を築きつゝある。

1989年2月に打上げられた EXOS-D(あけぼの)に於いては、オーロラ粒子加速機構解明の為に総合的観測の一環として、真空紫外(UV)・可視(VIS)の2チャンネルスナップショット・イメージング用の撮像装置(ATV)が搭載された。このうち、最初に観測条件が整った UV から同年4月より観測に入り、現在迄良好に稼働して居る。

"きょっこう"に於いては、遠地点高度4000 km、軌道傾斜角65°の条件下で、撮像間隔128秒であったのに対し、"あけぼの"では、これ等が夫々、10000 km、75°、8秒(最良)、と格段に改善されて居る。これ等の数値は、DE-1, VIKING のそれとの比較に於いて遜色のないものである。就中、撮像間隔は、最速の8秒は勿論の事、全観測と共存する常用の16秒モードに於いても、これ迄の最速であった VIKING の20秒を上回る高時間分解能を有して居る。

これに加えて、姿勢制御方式による制約から、一半球のみでの観測の"きょっこう"に対して、"あけぼの"では両半球での観測が可能となった ATV は、昭和基地を始めとする南北両半球で合計4地上局での観測途次受信による支援によって、データの取得率も飛躍的に上昇して居る。特に、昭和基地は唯一の南半球受信局として重要な存在である。軌道遠地点が南半球に存した 89年10月迄の間、ATV は南極上空での観測に集中し、その全データの受信を昭和基地に委ねた。昭和基地からの受信状況の報告、更にはインマルサット回線を通して送られた

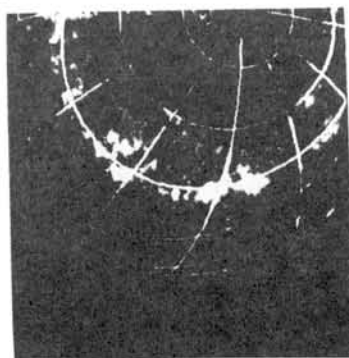
サンプル生データによれば、受信状況は良好に推移して居ると見られる。ATV として解析可能なデータは、現在迄の処、データレコーダーを利用して取得した 89年10月迄の南半球データ(昭和基地全受信量の約1/10)及び同月以降の北半球データである。

現在、太陽活動の極大期に在り、その活動度は史上最高を記録した 1957-58 年と遜駕する程である。この為ストームが頻発し、ATV としては、これ迄観測例の少ないストームタイム・オーロラを観測出来る社会に恵まれて居る。下に示した画像もその一例である。

今回は、これ迄の観測を概括して、

1. オーロラオーバールの activation の特性
2. ストームタイムオーバル
3. Dayside Aurora 変動の様相
4. Trans Polar Arc の様相
5. Aurora Substorm Expansion Onset の様相

等の topics に関する観測例に依する報告を行い、併せて今後の討議の資と致し度とを考へて居る。



1989年6月9日 14^h49^m56^s(UT)
 最盛期のストームタイム・オーロラ
 (MLT 18^h-06^h)

1989年3月13日大磁気嵐中の三次元電流系とそれに伴う降下粒子分布

藤井良一、福西 浩、國分 征、杉浦正久、遠藤文雄

極地研 東北大理 東大理 東海大工 東海大工

1989年3月13-14日に発生した大磁気嵐中にEXOS-D衛星により観測された3次元電流系とDMSP F8, F9により同時観測された電子/イオン粒子降下との比較について報告する。

1989年3月13日大磁気嵐は地磁気観測史上きわめて大きなものであった(AA指数では最大、AP指数では第3位、Allen et al., EOS, Nov., 1989)。

この幸運にもEXOS-D搭載フラックスゲート磁力計は観測を行っており、通常とは異った電流系を検出している。昼間側午前領域で観測された3次元電流系(FAC)の特徴は(図1)

- (i) 地磁気嵐主相では、地磁気緯度で50°から80°に及ぶ広いFAC領域が観測された。
- (ii) FACの極性は、低緯度側から上向き(電離層から磁気圏に流出)、下向きのFACの他に、それらの高緯度側から上向きの大規模電流

が出現した(磁場変動量は各々、高度800km換算で1000 nT, 1200 nT, 1000 nT)

- (iii) この高緯度側の上向きFACの高緯度境界付近に緯度巾1.5°の狭い領域内に1100 nTにも及ぶ上向き/下向きのペアーのFACが観測された。

この時期残念なEXOS-Dの粒子観測は未だ開始されていなかったが、米国のDMSP衛星F8, F9によりEXOS-Dとはほぼ同時の粒子観測が行われていた(図2)。降下粒子域は上記(i)によく対応しており、(iii)の狭く強い電流域にも対応して強い降り込みがみとめられる。

本講演では上記の特性の他に更に、電流の極性に対応して、降下電子/イオン粒子のエネルギースペクトラムがどのように変化するかについても報告する。

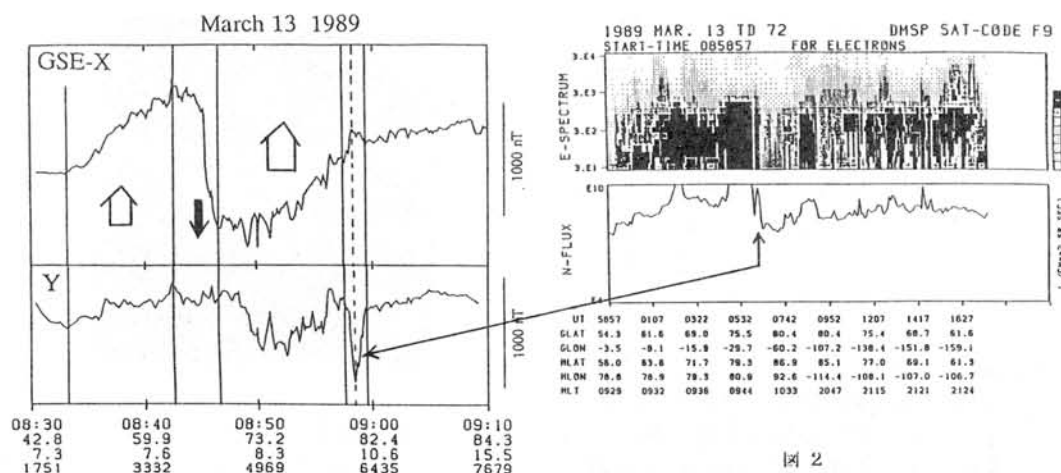


図 1

図 2

あけぼの衛星により観測された UFIに伴う降下電子の特性

柳川 融史¹, 賀谷 信幸¹, 向井 利典²

(¹: 神大工, ²: 宇宙研)

あけぼの衛星に搭載されたLEP(低エネルギー粒子観測器)によって得られたデータの中にUpward Flowing Ion(UFI) eventsが見つかった。また、UFIに伴う電子のピッチ角分布も興味深い分布を示している。ここでは、テスト粒子シミュレーションにより粒子の高度分布、電場の構造を検討した結果を報告する。

図1は1989年8月28日に観測されたデータのE-tダイアグラムである。電子のエネルギースペクトル(図1上)では逆V型降下現象が見られる。イオンのエネルギースペクトル(図1下)ではUFIが読みとれる。このことは、衛星高度上方、下方に沿磁力線加速域の存在を示唆するものである。図2はUFIが観測されたUT16:43:0~16:43:20の電子のピッチ角分布である。ピッチ角 約30°のUpwardの電子は、ピッチ角 約150°のDownwardの電子と比較が少ない。もし、加速電場がないならば当然対称的なピッチ角分布になるはずである。そこで、この非対称的なピッチ角分布は磁力線に平行な電場により、電子が磁力線方向に加速され、そのピッチ角がロスコーンとなり消滅しUpwardの電子が少なくなったためと考えられる。

次に、この仮説を検討するためテスト粒子シミュレーションをおこなった。磁力線に平行な電場を与え、その領域のもつポテンシャルは図1のイオンエネルギーにより決定した。図2の観測された降下電子を初期値として軌道を計算し、衛星高度まで戻ってきたときの電子のピッチ角分布を図3に示した。計算結果は図2の観測データとよく一致している。また、他の時間帯に同じく計算した結果も観測データとよく一致している。以上のことから衛星高度下方に沿磁力線加速域、磁力線に平行な電場が存在し、その加速域のもつポテンシャルはLEPで観測されたイオンエネルギーと一致していることが確認された。

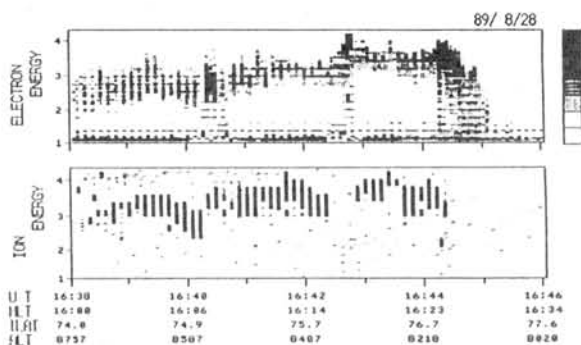


図1 電子、イオンのE-tダイアグラム

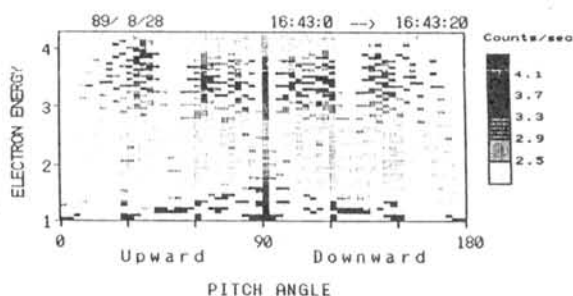


図2 電子のピッチ角分布

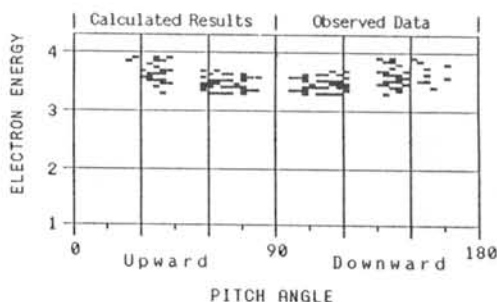


図3 シミュレーション結果

「あけぼの」衛星で観測された Ion Conics

三宅 互(通信総研)・向井利典(宇宙研)
 巖本 敬(通信総研)・佐川永一(通信総研)・賀谷信幸(神戸大工)

「あけぼの」(EXOS-D)に搭載されたLEP(低エネルギー粒子計測器)とSMS(低エネルギーイオン組成計測器)では、極域オーロラ帯上空でIon Conicsが頻繁に観測されている。Ion Conicsは上部電離層のイオンが磁力線に垂直方向に卓越した加速・加熱を受け、これがmirror forceで磁気圏に流れ出てきたものであり、その源として、種々の波動や局在した静電場による加速・加熱が候補にあげられている。Ion Conics生成の機構を検証していくには、まさにイオンが磁力線に垂直に加速されている領域中で、粒子・波動・電場を詳細かつ総合的に観測することが1つの方法であるが、もう1つのアプローチとして、Conicsが観測される領域の特徴、その発生条件を調べていく方法がある。

Ion Conicsが観測される時の特徴として、低エネルギー電子の強いフラックスが存在することがあげられる。VIRKINGの結果⁽¹⁾では、Bi-directional又はupwardのelectron streamがあるところでConicsが観測されるとしている。「あけぼの」でもConicsがあるところでは、電子の強いフラックスが観測されているが、電子の速度分布が大きく変化してもConicsがほとんど一定し

て観測されていたり、逆に図1に示した例のように、Conicsともう1つのUFI現象であるBeamが短い時間の間に移行するような時でも電子の状態にはほとんど対応する変化がない等、その関係は簡単ではない。

一方、沿磁力線電流との対応が3-3のデータで調べられているが⁽²⁾これによるとBeamがupwardの電流域にしか発生しないのに対し、Conicsは全ての電流域で観測されている。「あけぼの」の観測では、downwardの電流域ではConicsで、upwardに電流が変化するとBeamになるか又はConicsのエネルギー(TL)が低下する。今後、解析数を増やして、より確かなものとしていく必要はあるが、Conicsを生成する波動等を励起する不安定性には、Netの電流が、極低エネルギーのcoldな密度の高い電子のドリフト(Beam)が強くことを暗示していると思われる。

(1) Lundin et al., G.R.L. 14, 443-446, 1987.

(2) Cattell et al., G.R.L. 6, 621-624, 1979.

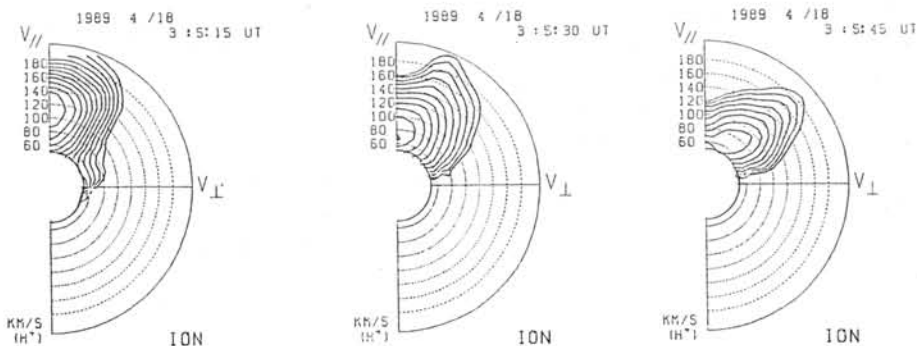


図1. イオンビームからコニックスへのす早い移行の1例。図中、上方が磁力線沿いにupward、下方がdownwardである。Phase Space Densityの等高線表示。

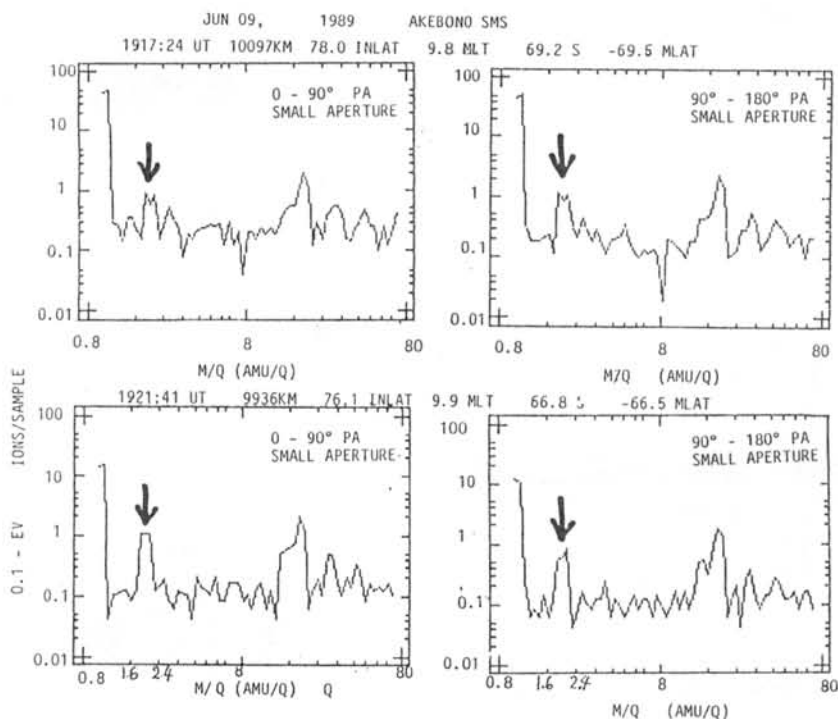
「あけぼの-SMS」による高緯度に於ける $M/Q = 2$ イオンの解析

渡辺成昭、佐川永一、巖本 巖 (通信総合研究所)

B.A.Whalen, A.W.Yau (カナダ国立研究院ヘルツベルグ天体物理学研究所)

1975年に H^+ の半分のジャイロ周波数を持つイオンがプロトンホイッスルに作用して生ずるイオン・ホイッスルをISISによって発見した。以下簡略化のため H^+ の半分のジャイロ周波数を持つイオンを $M/Q = 2$ イオンと略称する。 $M/Q = 2$ イオンは、重水素イオン D^+ 、 He^{++} が考えられる。波動解析では周波数-時間ダイアグラム上のパターン解析が基本的手段となるが、両イオンによるイオン・ホイッスルは区別出来ない。

電離層上空を飛ぶISIS衛星によって発見したので、主として地球大気の延長上にある D^+ によるものと考え、重水素ホイッスルとした。一方、太陽風は多くの He^{++} を含み、地球電磁圏に大量の He^{++} を供給し続けている。 D^+/H^+ の密度比は電離層上空で約 10^{-3} 程度とされている。Chappellによれば、プラズマ・ポーズ付近で $M/Q = 2$ イオンは急速に減少する。SMSでも高緯度においては $M/Q = 2$ イオンは測定精度以下である場合が多い。統計的解析は緒についたばかりであるが、バックグラウンドのイオン組成中で $M/Q = 2$ イオンは、低高度でもカusp領域、及び嵐の時に高緯度で観測されるようである。下図は1989年6月9日朝方の $M/Q = 2$ イオンの例であるが矢印に示される様に H^+ に比して $10^{-1} - 10^{-2}$ と極めて高い密度比を示した例である。この時は8日1953UTに始まった磁気嵐の最中である。これは太陽風起源の He^{++} と思われる。この様に $M/Q = 2$ イオンを領域別に調べてみる。



IPDPの偏波の微細構造

早川 正士¹ 島倉 信² 小林俊之² 佐藤 夏雄³¹ 名古屋大学空電研究所, ² 千葉大学工学部, ³ 国立極地研究所

磁気サブストームに伴いプラズマシートから高速荷電粒子が内部磁気圏へインジェクトされ、その後電子は東廻りに、プロトンは西廻りにドリフトする。この際朝方でのVLF放射では周波数上昇(ドリフト)が観測される(Hayakawa et al., 1986)。他方、夕方側にはプロトンに関係すると思われるIPDPが観測される。しかし、夕方側に出現するIPDPの発生機構に関しては、(1)真夜中にインジェクトされたプロトンの西廻りドリフトにおける速度分散によるもの(Fukunishi, 1969)、(2) $E \times B$ ドリフトでプロトンが侵入してくる際の不安定性領域の空間的变化によるもの(Gendrin, 1967)、(3)両者を加味した考え(Horita, et al., 1978)が提案されている。

本研究では、IPDPの発生機構を考察する目的で、アイスランドの3観測地点(Isafjördur, Tjörnes, Husafell), 南極昭およびみずほ基地でのIPDPのパワー・スペクトルだけでなく、偏波特性(水平磁場2成分の偏波比および偏波角)を詳細に調査する。IPDPの偏波の調査は初めての試みであるが、偏波にはスペクトルからは明らかにされない微細な構造がある。図1は、1985年2月25日、Husafell および昭和基地で観測された0~2.5 Hz帯のdynamic spectraである。16~17時にかけてIPDPが観測されている。図2はアイスランド3点および昭和基地におけるIPDPの偏波角の周波数・時間特性である。原図はカラー表示となっているため情報が落ちてしまっているが、大まかに左廻りをLで、右廻りをRで示した。偏波角を見る限り、アイスランド3点および昭和基地では、10分間で0.2~0.4 Hz程度の速い周波数上昇をもった脈動が次々に現われ、しかもLからRへ急激に変化している微細なIPDPの様子が窺える。この例では瑞穂基地での強度が弱いことから、L \approx 6付近にあった発生領域が次々に低緯度側に移っていったものと考えられる。一方、偏波角が同じであっても偏波比は観測点によって異なるなど複雑であるが、スペクトルに加え、偏波の情報はIPDPの発生機構の解明に有用であろう。

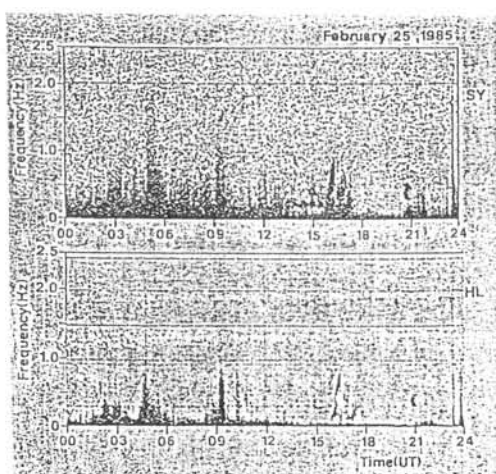


図1 Pc1地磁気脈動の周波数・時間特性 (HL: Husafell, SY: 昭和基地)

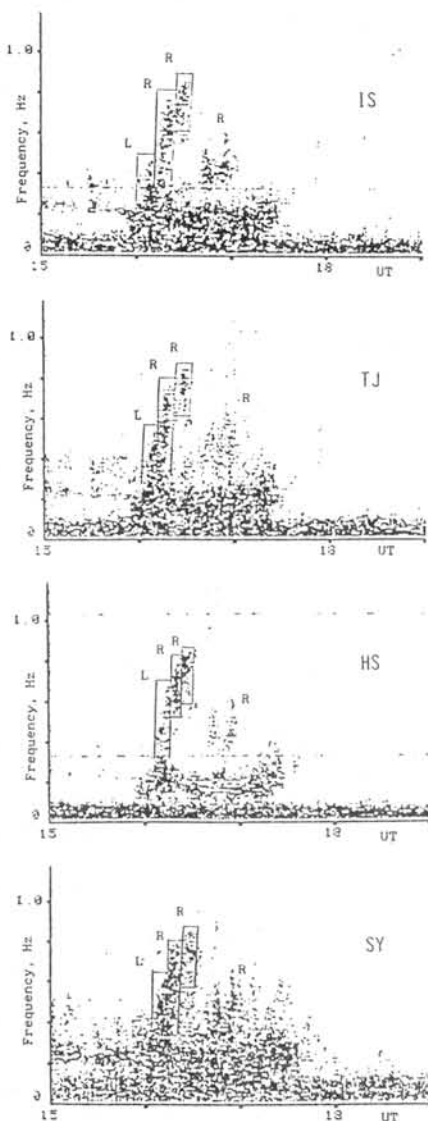


図2 IPDPの偏波角の周波数・時間特性 (IS: Isafjördur, TJ: Tjörnes, HL: Husafell, SY: 昭和基地)

SC に伴う CNA PULSATION について

永野 宏、 佐藤 夏雄、 鮎川 勝
(朝日大) (極地研) (極地研)

CNA PULSATIONS ASSOCIATED WITH GEOMAGNETIC SUDDEN COMMENCEMENTS

Hiroshi NAGANO, Natsuo SATO and Masaru AYUKAWA
(Asahi Univ.) (Natl Inst. Polar Res.)

In the cosmic noise absorption (CNA) data obtained at Syowa Station, CNA pulsations (Psc) were observed accompanying geomagnetic sudden commencements (SC's). The occurrence speciality and generating mechanism were statistically investigated using 1-sec CNA and geomagnetic data at Syowa Station.

SCに伴うCNAは auroral zone, 並びに、その近傍で観測されている現象である。日中には出現頻度も高く、かつ、強い吸収を示すが、これはSC時の磁気圏前部の圧縮のための電子のピッチ角散乱によるD層への降下によると考えられる。また、真夜中の近くにも出現頻度が高く、強い吸収を示すが、これは磁気圏尾部の粒子の降下によると考えられる。このSC時に、地磁気に関しては、しばしば pulsation (Psc) が観測される。同様に、CNAにも pulsation が時々観測されることがある。これらの発生機構としては、1つは、電離層へ降下する粒子が磁気圏に発生した magnetic Psc pulsation によって modulation を受ける場合と、もう1つは逆に、別の機構により生じた pulsating な粒子が降下してきて、電離層の中に induce された局所的な電流によって modulation を受ける場合とが考えられる。これらの発生機構、並びに、出現特性を、昭和基地の1秒値データを用いて調べた。図1は真夜中の現象であり、UT 22時50分にSCが起こり、その数分後に磁場とCNAの両方に周期が約5.9分のPsc pulsation が生じている。CNA Pscの位相は、磁場のPscのH, Z成分と同位相であることが見られる。図2は午前側の現象であり、UT 7時18分にSCが起こり、その直後から周期が約2.7分のPscが磁場にもCNAにも観測されている。この場合には、CNA Pscの位相は磁場のPscのD成分と同位相であることが分かる。1981年から1987年迄のデータを用いて統計的に出現特性を調べ、発生機構について考察を行う。また、アイスランドのデータを用いて、この現象の昭和基地との地磁気共役性についても言及する。

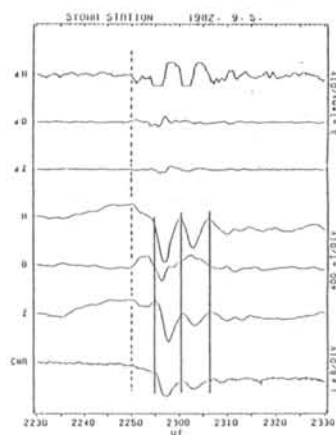


図 1

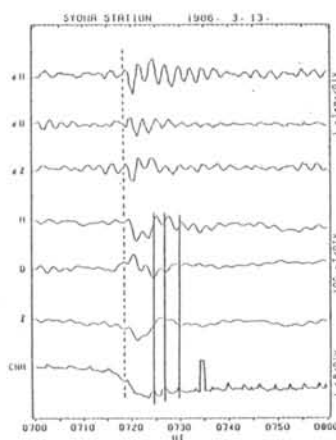
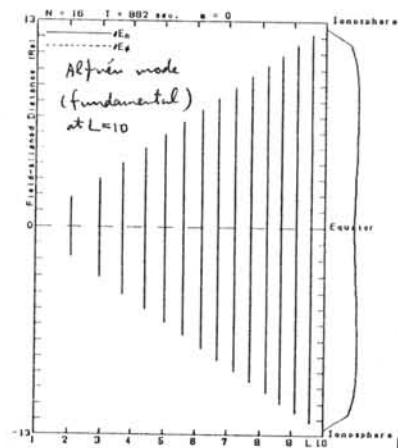
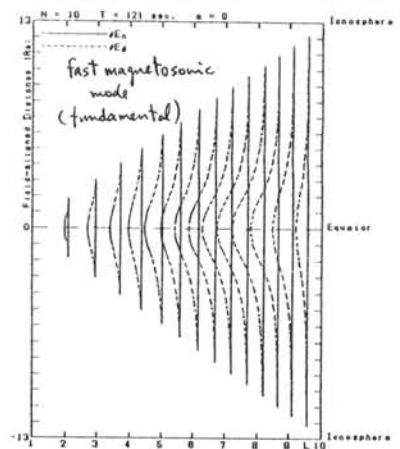
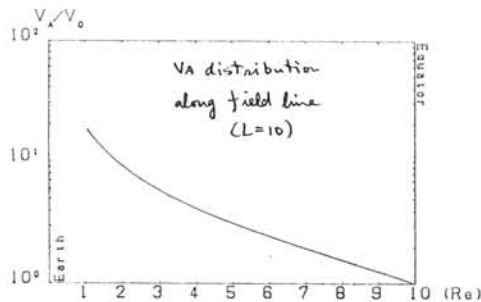
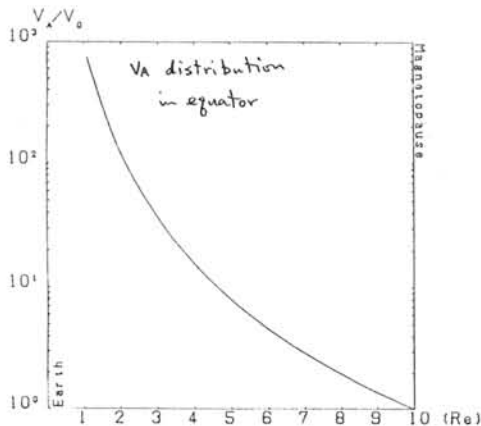


図 2

EIGENMODE ANALYSIS OF COUPLED HYDROMAGNETIC OSCILLATIONS IN THE DIPOLE MAGNETOSPHERE

S. FUJITA (Kakioka Magnetic Observatory) and V. L. PATEL (Naval Research Laboratory, Washington, DC 20375)

We performed 3-dimensional eigenmode analysis of the coupled hydromagnetic oscillations in the dipole magnetosphere. The finite element method was utilized in numerical calculation of the coupled oscillation equations. The ionosphere is assumed a perfect conductor and the magnetopause located at $L=10$ is a barrier of electric field of the fast magnetosonic wave. The distribution of the Alfvén speed is a realistic one. Preliminary results show that the eigenperiod of the coupled oscillation becomes smaller when m (the azimuthal wavenumber) becomes larger. Field-aligned distribution of the Alfvén eigenmode is wide-spread in comparison to that of the fast magnetosonic eigenmode when $m = 0$.



$$V_A \text{ at } L=10 = 176 \text{ km/s}$$

ELF-VLF放射の長周期変動

佐藤 夏雄 (国立極地研究所)

昭和基地及びアイスランド Husafell で観測された750 Hz, 2 kHz帯の強度記録の長周期変動解析を近年実行してきている。解析期間は昭和基地データが約7年間、Husafell が約5年間である。太陽活動周期の約半周期分の解析から、以下に示す興味深い長周期変動とその共役性が明らかになった。本講演では、長周期変動のまとめと、その物理的原因を考察する。

1. 750 Hz 放射

(i) 共役性の特徴

- ・ 昼間の現象であり (05-16 MLT) 正午頃にピークがある。
- ・ 冬期に発生が最小になる。
- ・ K_p が主に2~4の時に受信される。
- ・ 午前中は、地磁気が荒れた時に、午後は静かな時に発生頻度は多くなる。
- ・ 太陽活動、地磁気活動の年変化と良い相間がある。

(ii) 非共役性の特徴

- ・ 春・秋分時期には、Syowa の発生ピーク時刻が Husafell より1-3時間早くなる。
- ・ Husafell では夏期が春・秋分時より頻度がかなり大きくなる。

2. 2 kHz 放射

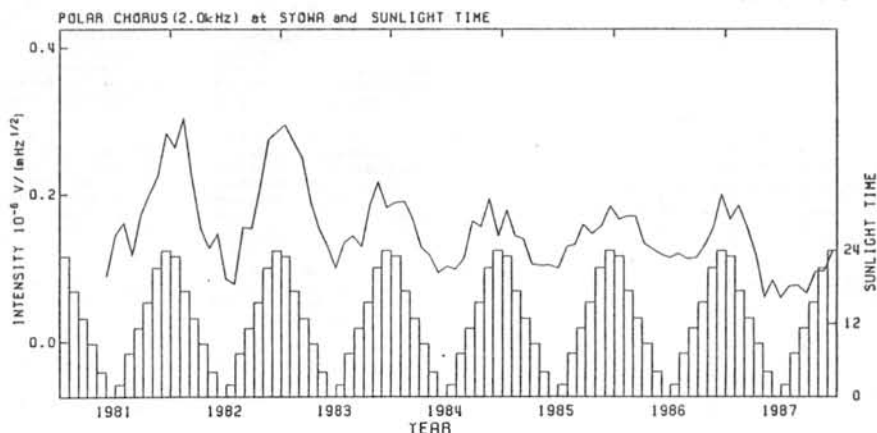
(i) 共役性の特徴

- ・ 午後側での発生頻度が午前側より大きい。
- ・ 弱い強度の放射が夏期に増加する。
- ・ K_p が4以上の荒れた時に発生頻度が増加する。
- ・ 平均強度は太陽活動、地磁気活動の年変化依存性がある。

(ii) 非共役性の特徴

- ・ 発生のピーク時刻は Syowa が13-14 MLTであるが Husafell が11-12 MLTである。
- ・ Syowaは夏期に最大で冬期に最小になる季節変化を示すが Husafell は顕著でない。
- ・ 春・秋分時と夏期とのピーク時刻を比較すると、Syowa は午後側に移るが Husafell は午後側である。

図1は昭和基地で観測された2 kHz帯の強度記録の年・季節変化と、昭和基地上空の日照時間を示す。放射強度の季節変化は日照時間と、年変化は太陽活動と良い相関を示す。



アイスランドと南極で同時観測された Pc1帯地磁気脈動の偏波特性の統計的考察

小林俊之¹、島倉信¹、佐藤夏雄²、早川正士³

¹千葉大工

²国立極地研究所

³名大空電研究所

1985年1月～12月の1年間 Iceland 3点 (Isafjörður (IS), Tjörnes (TJ), Husefell (HS)) および南極昭和 (SY) およびみずほ (MZ) 基地 (図1) で観測された Pc1 帯 (0.2～1.2 Hz) 地磁気脈動のスペクトルおよび偏波 (= D 成分 / H 成分) の周波数-時間特性を調査した。

観測された Pc1 のタイプは様々であるが、大半は HM コーラスと呼ばれるものである。図2は、2観測点における同時発生確率を示している。図2より明かなように、Iceland 3点では、IS-TJ, TJ-HS で偏波の同時発生確率が高く、約74%であるのに対し、IS-HS では69%である。また SY-MZ では64%と更に低い。このことは Pc1 の緯度効果を示すものである。一方、南北両半球の共役性についてみれば、SY-HS が62%、SY-TJ が61%であるのに対し、SY-IS では55%と6～7%低くなっている。また MZ-IS では66%であるのに対し、MZ-TJ, MZ-HS では55～48%である。即ち、同時発生確率からみた共役性についても緯度効果が明確である。

図3は、Pc1 の偏波角の周波数-時間特性から、周波数については0.2 Hz、時間については1時間の分解能で、各観測点における左廻り偏波および右廻り偏波の発生頻度を3段階で表したものである。Iceland 3点及び昭和基地では、左廻りのピーク (+) が13～14時 (UT) にあるのに対し、右廻りのピークは14～15時に現れている。これに対しみずほでは、左右逆になっている。またピークの周波数帯についてみると、Iceland では左廻りのピークが0.4～0.6 Hz 帯に現れているのに対し南極では0.2～0.4 Hz 帯、また右廻りについては、IS および HS では0.2～0.4 Hz 帯に、TJ, SY および MZ では0.4～0.6 Hz 帯にピークが現れる。このように、Pc1 の偏波の周波数-時間特性は、観測点に強く依存しており、Pc1 脈動の発生機構に関連して更に詳細な検討が必要であろう。

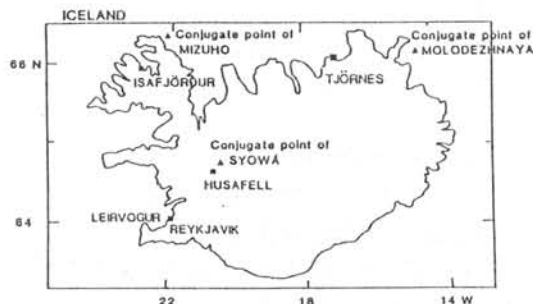


図1. アイスランドと南極の磁気共役関係

	MZ	SY	HS	TJ
IS	65.6	54.8	68.8	73.9
TJ	54.8	60.9	73.8	
HS	48.4	61.5		
SY	63.9			

単位 %

図2. 偏波の同時発生確率

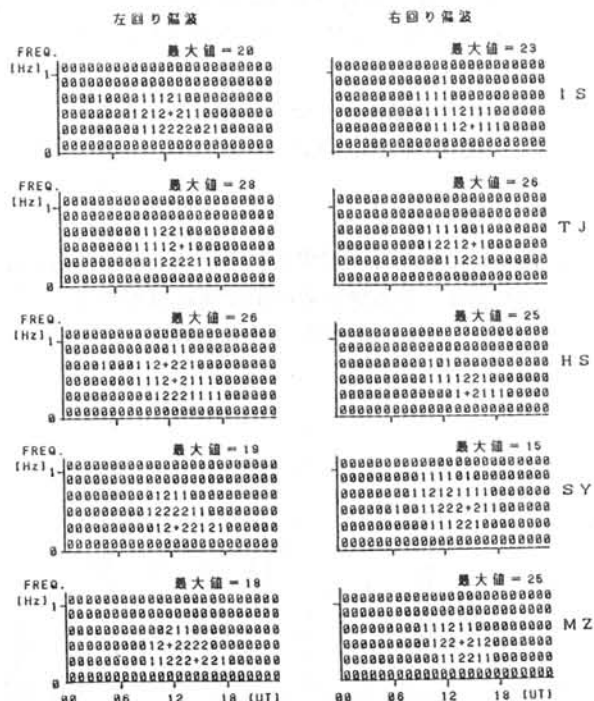


図3. 左廻り、右廻り偏波の発生頻度の周波数-時間依存性
+印…最大値

アイスランドにおける地磁気多点観測(速報)

利根川豊 佐藤夏雄 島倉 信 Th. Saemundsson 内田邦夫
(東海大・工) (極地研) (千葉大・工) (アイスランド大) (極地研)

1989年8月～9月に、アイスランド国内において地磁気多点観測を実施した。観測点は既設の Husafell, Tjornes, Aedey島 1989年8月に(Isafjordur から移設)に加え、臨時観測点として、Husafell-Aedey島の地磁気子午線上の Holmer, Efri 及び Husafell の地磁気等緯度線の東に位置する Hof の合計6ヶ所である。観測点の配置図を図1に、座標を表1に示した。Efri はTjornes と地磁気等緯度線上にも位置しているため、6ヶ所の同時データにより地磁気変動、地磁気脈動の詳細な時間的・空間的変動を得ることができる。

観測は、フラックスゲート磁力計を主とし、インダクション磁力計、リオメータ観測(Holmer, Efri)も併用し、1秒サンプリングでデータ収録を実施した。観測器の故障のため、6ヶ所すべての同時データは収録できなかったが、5ヶ所の同時データは約3週間得ることができた。

今回の発表では、平成元年度に実施したアイスランド観測の概要と地磁気多点観測データの速報について報告する。

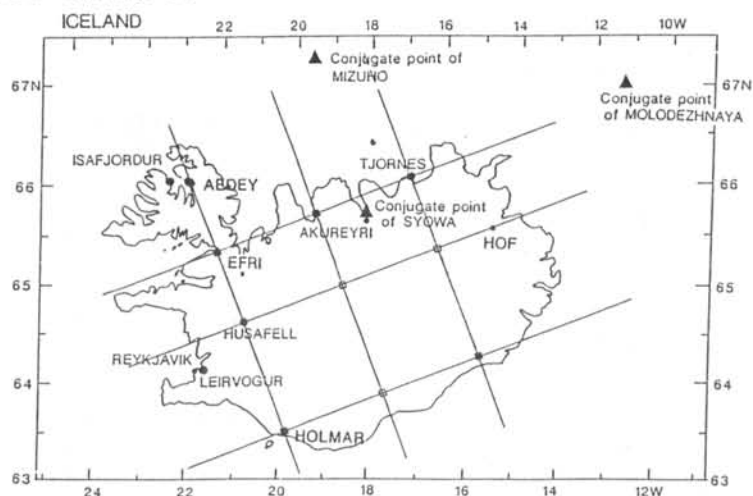


Table 1. Geographic and invariant geomagnetic coordinates of the stations, calculated for September 23, 1989. Magnetic local time (MLT) is given by adding universal time (UT) to the time listed in the column.

Station	Geographic		Geomagnetic		MLT	L-Value	Conjugate point	
	Lat.	Long.	Lat.	Long.			Lat.	Long.
Aedey	66.09N	337.35	67.44N	68.55	23:56	6.79	71.02S	39.34
Efri	65.39N	338.13	66.60N	68.61	23:57	6.34	70.21S	37.30
Husafell	64.67N	338.97	65.73N	68.74	23:57	5.92	69.30S	35.35
Holmer	63.56N	339.88	64.44	68.67	23:57	5.37	67.94S	32.46
Tjornes	66.20N	342.88	66.69	73.10	00:15	6.39	69.03S	41.62
Hof	65.66N	344.98	35.84	74.31	00:19	5.97	67.85S	40.76
Syowa	69.00S	39.58	66.24	71.80	00:09	6.16	65.66N	341.87

南北多重共役点観測による 極域地磁気変動の研究

加藤 賢一 佐藤 夏雄 利根川 豊 坂 翁介 内田 邦夫
(東海大) (極地研) (東海大・工) (九大・理) (極地研)

第29次越冬中(1988年)に、昭和基地近傍で地磁気無人観測が実施された。無人観測点はH-100、スカルスネスの2点である。観測点の座標系は表1に示したが、H-100は昭和基地より地磁気の南方約100km、スカルスネスは昭和基地より地磁気の南西約50kmに位置している。昭和基地を含めた3点間で観測された地磁気変動の比較解析は、地磁気脈動等の微細構造や、coast line effectを知る上で重要である。

図1は、1988年10月5日に昭和基地近傍の3観測点と地磁気共役点であるアイスランドの2観測点で同時に測定された地磁気D成分の記録例である。これらの5地点で同時観測(南北多重共役点観測)されたデータのパワー、位相、コヒーレンシ等の解析を行なう事により、地磁気変動現象の共役性を面的にとらえることを目標としている。

	地 理		不変磁気		共役点	
	緯度	経度	緯度	経度	緯度	経度
フナフェル	64.67	338.97	65.73	68.74	-69.36	35.65
フォルス	66.20	342.88	66.69	73.10	-69.10	41.95
H-100	-69.29	41.35	-66.73	72.48	66.10	342.15
スカルスネス	-69.47	39.62	-66.52	71.11	65.70	340.86
昭和	-69.00	39.58	-66.24	71.80	65.57	341.84

表1 各観測点での地理、不変磁気、共役点座標
不変磁気、共役点は1989年9月23日00UTで計算

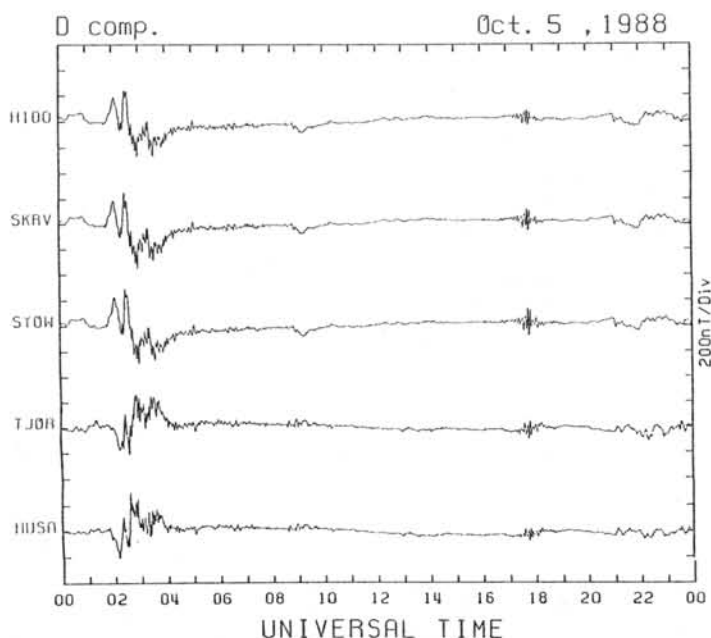


図1 10月5日の地磁気D成分

Satoru TSUNOMURA

Kakioka Magnetic Observatory, Kakioka, Ibaraki, 315-01 Japan

Statistical treatment is a useful method to analyze the conjugate relationships of geomagnetic variations. However, there are some problems to be estimated before the statistical analysis. One of them is the assessment of the environment of the geomagnetic observation, that is, the estimation of ground magnetic induction effects at the station site. Tsunomura(1989) derive the basic induction properties at Syowa and its conjugate stations, Husafell, Isafjordur and Tjornes and showed that the coast line effect is pronounced at Syowa and the island effects are apparent at Isafjordur and Tjornes while the effect is very small at Husafell.

He also pointed out that the induction arrows have different characteristics by the selection of geomagnetic phenomena. For example, the induction arrows for sudden storm commencements (SSC's) and sudden impulses (SI's) reveal different features from the average pattern obtained using a set of data taken by a random selection from daytime disturbances. There may be an unknown but significant contribution without plane ionospheric currents at short periods for SSC's and SI's. Figure 1 and 2 are the examples of SSC's observed at Kakioka, Syowa and its conjugate stations in Iceland. At the event in Figure 1, a clear conjugate relationship is apparent, while in Figure 2 the conjugacy is broken. One cannot simply take statistics using these two events together. The wave forms of events must be checked before statistical treatments. In this paper, various phenomena will be analyzed statistically after the checking of the wave form of each phenomenon.

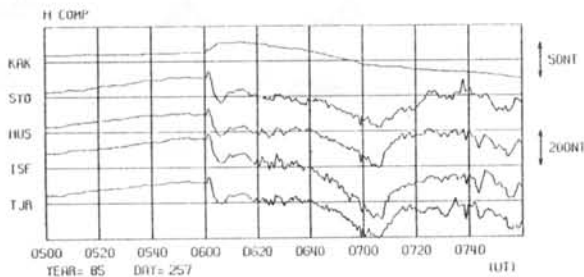


Figure 1 Geomagnetic records at Kakioka, Syowa, Husafell, Isafjordur and Tjornes for a sudden storm commencement at 0600 UT on the day 257, 1985.

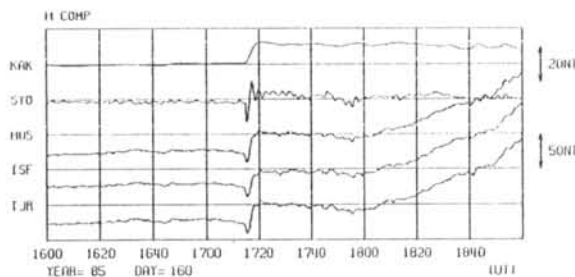


Figure 2 Same as Figure 1 for the event at 1715 UT on the day 160, 1985.

渋谷 仙吉, 樋口 喜啓, 佐藤 夏雄, 前沢 潔
(山形大理) (山形大工) (極地研) (山形大理)

CNA脈動の南北共役性, そのソースの移動についての研究はオーロラ粒子降り込みの研究などと関係して重要であるにもかかわらず, 研究上の困難な問題があり, まだ未解決のままに残されている。そこで, 前回に引き続き, CNA脈動に関するこれらの問題を説明するために, 昭和基地とアイスランド三地点, アイスランド三地点相互間のCNAデータを国立極地研究所のCSAPを使って解析した結果を報告する。

I) 昭和基地とアイスランド三地点

CNA脈動の南北共役性を調べるため, 1984年10月24日9:03~10:56について, 周期150~600秒のCNA脈動のパワースペクトル, コヒーレンシ, フェイズを解析した。その結果, この例では, Syowa Station とのコヒーレンシが Husafell (以下, HUと略記) であり, Tjörnes (以下, TJと略記) は少し劣っている。悪いのは前回同様, Isafjördur (以下, ISと略記) であった。

II) アイスランド三地点相互間

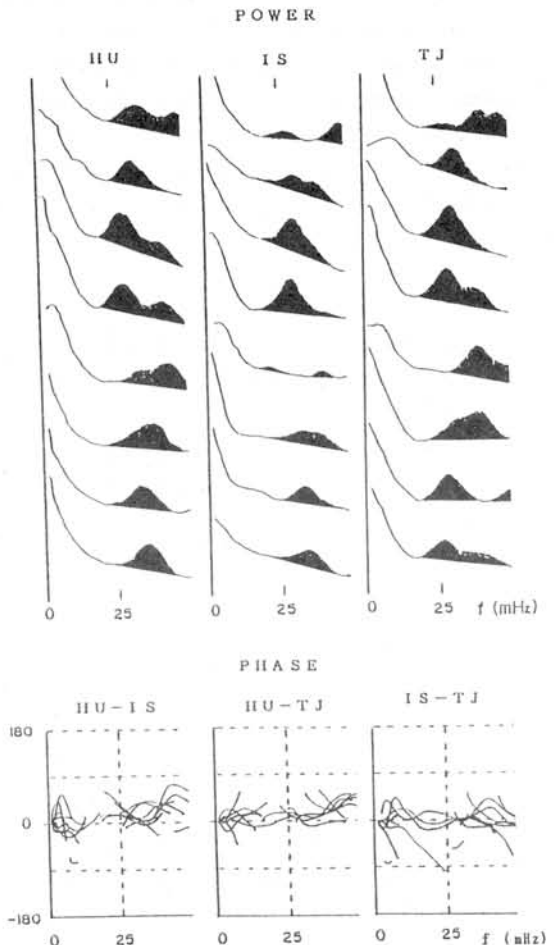
1984年10月24日9:48~10:56について, 周波数25mHz付近のCNA脈動を7.5分ずつズラして, コヒーレンシが0.5以上の時の位相を解析した結果を右図に示した。この図から, HU-IS, HU-TJでは位相差がほぼプラスであり, CNA脈動のソースはHUよりもTJ, ISに時間的に早く降り込むことを示している。IS-TJでは位相差は比較的小さく, 正負両方にズレているが負にズレることが多いことから, ISはTJよりも早くソースが降り込まれる場合が多いと推定される。

以上のことから, CNA脈動ソースは高緯度から低緯度に移動するケースが多いことが明らかに示され, 前回の結論を

裏付けることになった。その移動速度はソースの大きさ, 形にもよるが, 平均して120 k/s程度と見積られる。

ソースの東西方向の移動については, その方向, その大きさもまちまちで, 今のところはっきりした傾向がつかめない。

CASE (9:48-10:56, Oct. 24, 1984)



可視オーロラの共役性

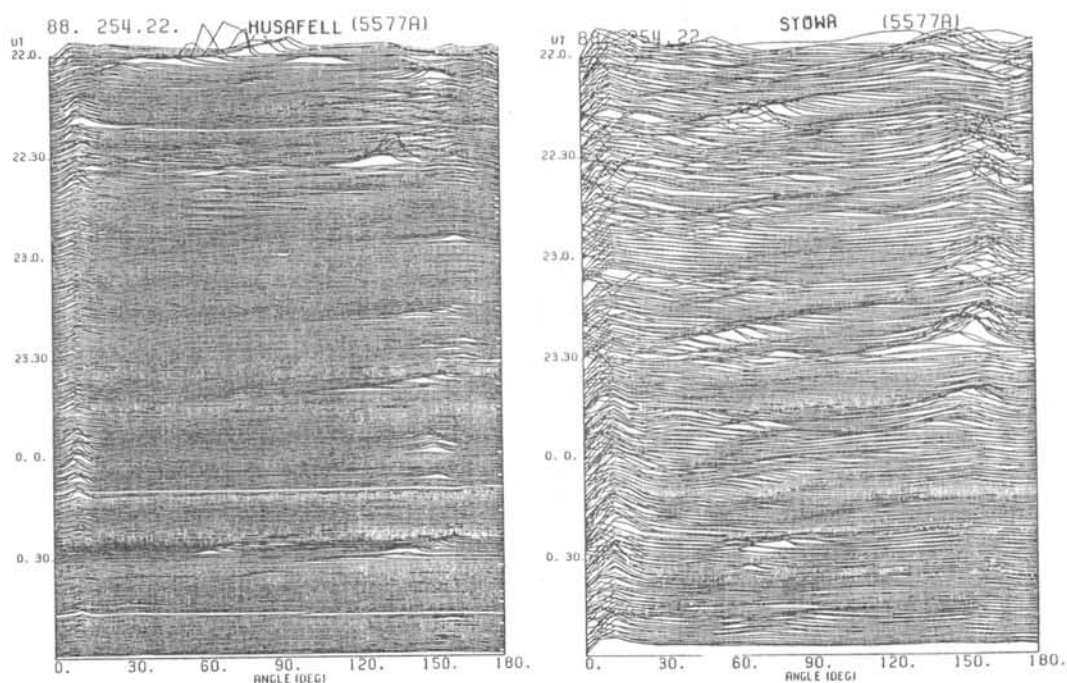
長岡孝行 佐藤夏雄 前澤潔 内田邦夫 坂 翁介
 (山形大) (極地研) (山形大) (極地研) (九州大)

共役点におけるオーロラの同時観測は、オーロラ粒子の加速機構を知る上で重要な観測手段である。Sato and Saemundsson(1987)は 1984年9月に昭和基地とアイスランドHusafellで同時に観測した全天カメラと掃天フォトメータデータを用いて、共役性、非共役性について報告している。

昭和基地とアイスランドとのオーロラ同時観測は1984年以来毎年秋分期間を中心に実施してきている。しかし、2観測点の天候の位相が合わず、良質のデータがなかなか得られなかった。1988年の9月は幸運にも、2夜の同時観測データを得ることができた。

今回は、1988年のデータ解析結果とともに、1984年の解析結果とどのような相違(例えば、共役点位置の年々移動効果)があるかということについて報告する。

図1は1988年9月10-11日2200-0100UTに共役点で観測された、 5577\AA の掃天フォトメータデータの例である。

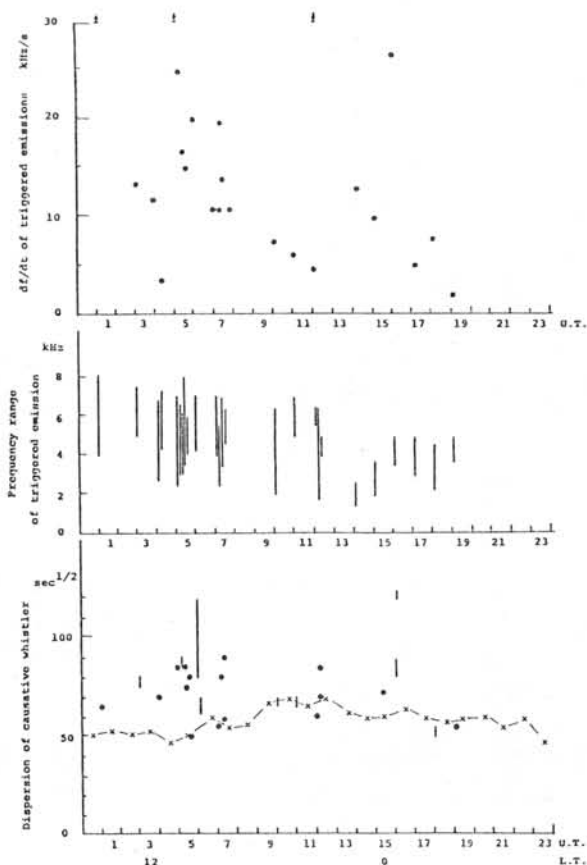


WHISTLER-TRIGGERED VLF EMISSIONS IN THE ELECTRON SLOT AND INNER RADIATION BELT, AS OBSERVED AT MOSHIRI (L=1.6)

Masashi HAYAKAWA

Research Institute of Atmospheric, Nagoya University, Toyokawa, 442

The morphological characteristics of whistler-triggered VLF emissions including diurnal, seasonal variations, K_p dependence, latitudinal distribution and spectral shape, have been investigated based on the VLF data obtained at Moshiri (L=1.6) in Japan during a ten year span (1976 to 1985). The following results have emerged; (1) There does not seem to exist a clear tendency of whistler-triggered emissions to occur at a particular local time, (2) equinoctial maximum in occurrence probability is recognized, (3) the occurrence probability seems to increase with K_p index, (4) the occurrence L shell is localized in two regions; one is L=2.1 to 3.4 (the electron slot region) and the other is just around L=1.6 (the inner radiation belt), and (5) a whistler-triggered emission is characterized by a quasi-constant frequency initial component and a subsequent drastic frequency drift mainly with $df/dt=10\text{--}20\text{kHz/s}$. These characteristics are discussed in terms of the gyroresonance interaction between lightning-generated whistlers and energetic electrons, with special reference to the previous results of lightning-induced particle precipitations.



アイスランドで観測されたVLF/ELF波動エネルギーの波数空間分布解析

島倉 信¹ 佐藤 夏雄² 利根川 豊³ 森泉美穂子¹ 早川 正士⁴

1 千葉大学工学部, 2 国立極地研究所, 3 東海大学工学部, 4 名古屋大学空電研究所

今年(1989), 8月上旬より9月中旬にかけて, アイスランドの Husafell において, VLF 波動の電磁場3成分(垂直電場および水平磁場2成分)の観測を実施した。VLF 波動の方位測定方式には大別して3つの方式があるが, いずれも単一平面波の仮定の下に伝ばん方位を求めようとするものであるが, 今回の目的は電磁場3成分測定によってVLF 波動エネルギーの波数空間分布を求め, 電離層透過域の空間的・時間的変動を探ろうとするものである。この目的のためには, 先ず電磁場3成分の測定法に関する問題および信号処理に関する問題を解決する必要がある。従来多くの場合, 疑似アンテナによってキャリブレーションが行われていたが, アンテナの設置条件等から必ずしも十分か否か判断できない面があるので,

測定用アンテナに校正信号を人力する方法で行った。この場合, 校正信号に到来はが混入しているため, 信号処理に工夫が必要である。

特に強い現象が出現した場合を除き, 10~14時の1日4時間の観測を行った。図1は, 今回アイスランドで観測されたVLFエミッションの例である。(a)は分散性エミッション, (b), (c)はタイプの異なるQPエミッション, (d)はロング・ホイッスラのエコー・トレインで, 多いもので8回のエコーが確認される。現在, 解析の緒についたところであり, 詳細についてはふれることはできないが, 最適と思われる場所を選んだにも拘らず, 観測環境は必ずしも十分ではなく, ノイズ(パワー・ラインの高調波)の除去が第一に解決すべき問題となっている。

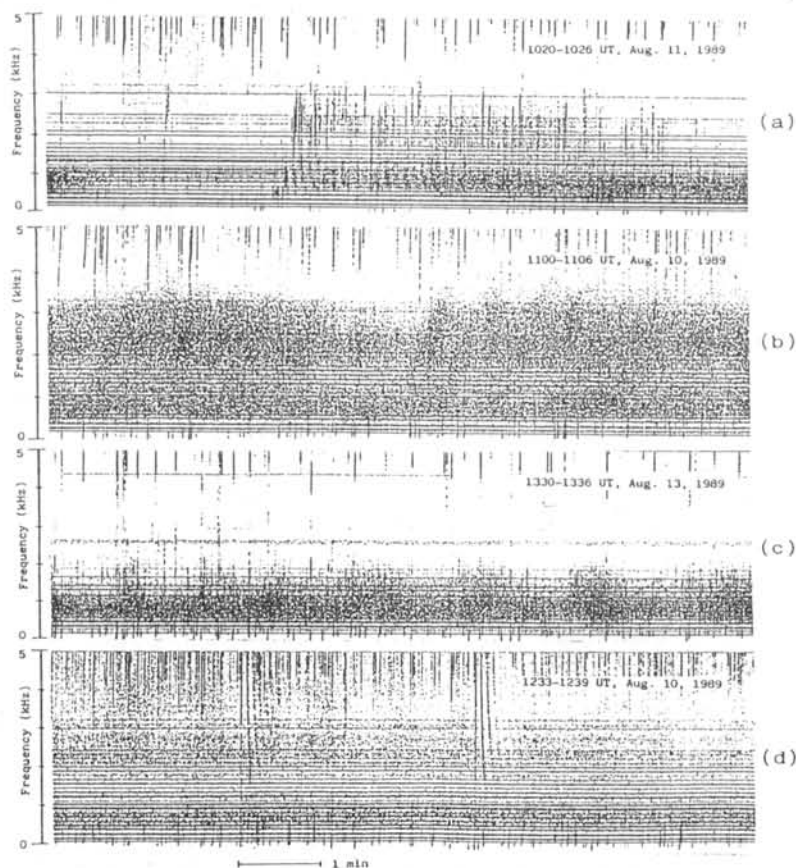


図1 アイスランドで観測されたVLFエミッションの例

プラズマポーズのVLF波伝搬に及ぼす効果について

石川 清彦¹ 服部 克巳¹ 島倉 信² 早川 正士¹
¹名古屋大学空電研究所 ²千葉大学工学部

On the effect of plasmopause on VLF wave propagation

Kiyohiko Ishikawa¹, Katsuni Hattori¹, Shin Shinakura²,
 and Masashi Hayakawa¹.

¹Research Institute of Atmospherics, Nagoya University
²Department of Electrical Engineering, Chiba University

地球磁気圏プラズマ中には各種のプラズマ波動（電磁波、静電波）が、いろいろな周波数において発生しているが、特にプラズマポーズ近傍は各種VLF波動の豊富な領域と言える。周波数が電子ジャイロ周波数 f_c よりも低いホイッスラモード波のVLF放射もいろいろな形状にて発生している。我々の以前の衛星方位測定により（1）コーラスのごとき孤立型のVLF放射は、プラズマポーズ近傍にて θ （波面法線方向） $\approx 0^\circ$ （電磁波）にて発生する、（2） $f \gtrsim f_c/2$ の半電子ジャイロ周波数VLF放射は $\theta \approx \theta_{res}$ （斜共鳴角）（準静電波）にて発生している等が明らかになっている。そこで、本論文ではこのような電磁波的ホイッスラモード波、準静電的ホイッスラ波を含むホイッスラモード波の発生後の伝搬を詳細に議論する。即ち、プラズマポーズがそのようなVLF波動の伝搬に如何なる効果を持っているのかを調査する。従って、取り扱う周波数領域は規格化周波数にて $\Lambda = 0-1.0$ までを対象とし、更に赤道面から放射される初期波面法線方向（発生 θ ）を $0^\circ - \theta_{res}$ まで変化させ、磁気圏内伝搬、電離層衛星や地上への到達等を議論する。

図 1.
 $L_{p.p.} = 4.0$
 $\Lambda = 0.1$

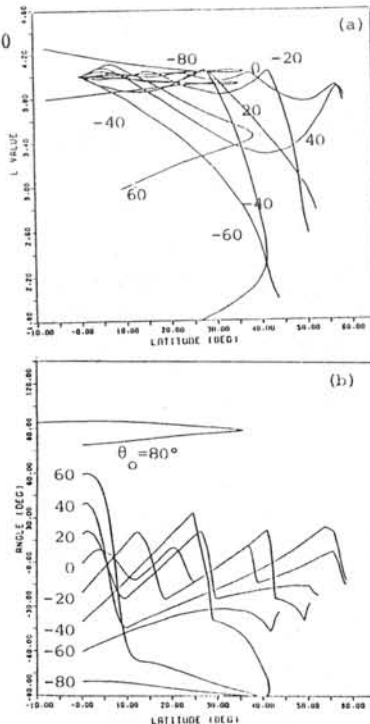


図 2.
 $L_{p.p.} = 4.7$
 $\Lambda = 0.8$

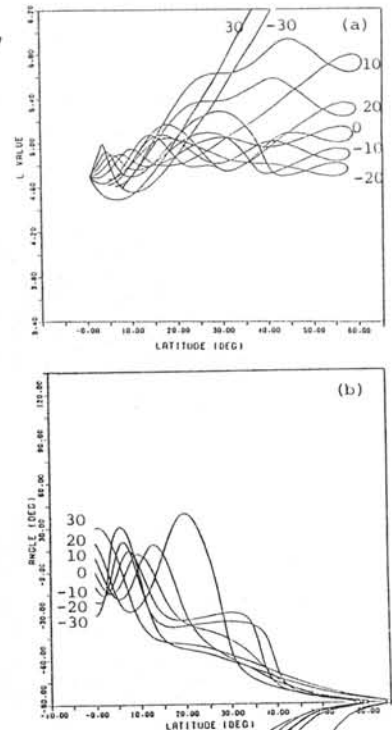


図 1. $L_{p.p.} = 4.0-4.24$ (sharp gradient) のプラズマポーズの inner edge において放射された電波の伝搬で、初期放射角を 20° おきに変化させたものである。(a) は L 値と磁気緯度との関係、(b) は波面法線方向の変化。

図 2. $L_{p.p.} = 4.0-4.72$ (weak gradient) の場合の outer edge において放射された電波の伝搬で、初期放射角を 10° おきに変化させたものである。

GEOS-1 衛星にて Off-equatorial region で観測された Hiss-triggered chorus について

服部 克巳¹, 島倉 信², 早川 正士¹, M.Parrot³, F.Lefeuvre³, D.Lagoutte³

¹名古屋大学空電研究所 ²千葉大学工学部

³Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement, CNRS

HISS-TRIGGERED CHORUS OBSERVED AT THE OFF-EQUATORIAL REGION IN THE MAGNETOSPHERE

Katsuni Hattori¹, Shin Shinakura², Masashi Hayakawa¹,
M.Parrot³, F.Lefeuvre³, and D.Lagoutte³

¹ Research Institute of Atmospherics, Nagoya Univ.

² Department of Electrical Engineering, Chiba Univ.

³ Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement, CNRS

Hiss-triggered chorus は、磁間側で発生する VLF/VLF emission であり、しばしば衛星にて観測されている。今回は、赤道面から離れた場所で観測されたイベントについて、解析結果を報告する。このイベントは1977年12月2日8時12分0秒から8時24分3秒L.T.の間GEOS-1衛星で観測されたものである。観測期間中の磁気緯度は、24.2から23.6度、L値は6.2から5.8へと変化している。図1にスペクトルの一例（磁界成分 B_x ）を示す。約0.7-1.2kHzにわたってヒスバンドが存在しており、ヒスバンド中からコーラスが発生していることがわかり、コーラスの上限周波数はおよそ1.6kHzである。図1のスペクトルの一部を用いて磁場強度の等高線図を描いたものがスペクトル図の下に記してある。この図からインコヒーレントと考えられていたヒスにもコヒーレントな単色成分波が存在することが明らかとなり、この単色成分波を源としてコーラスが励起されると考え、次のような2段階の発生機構を考えた。まず、ヒス中のコヒーレントな単色成分波の磁場により赤道面にて、ある性質の電子を位相パンチされ、位相の揃った電子群を形成する。次に位相パンチされた電子群が高緯度側に動いていき、その際、サイクロトロン共鳴条件を満たすコヒーレントな新たな波（コーラス）を赤道方向に放射する。この機構に従い、コーラスが発生したと仮定し、ray tracingを行った。さらに衛星からの逆ray tracingも行い、発生領域での放射角が0度付近であることを確認している。これは、oblique instabilityを示唆するものである。

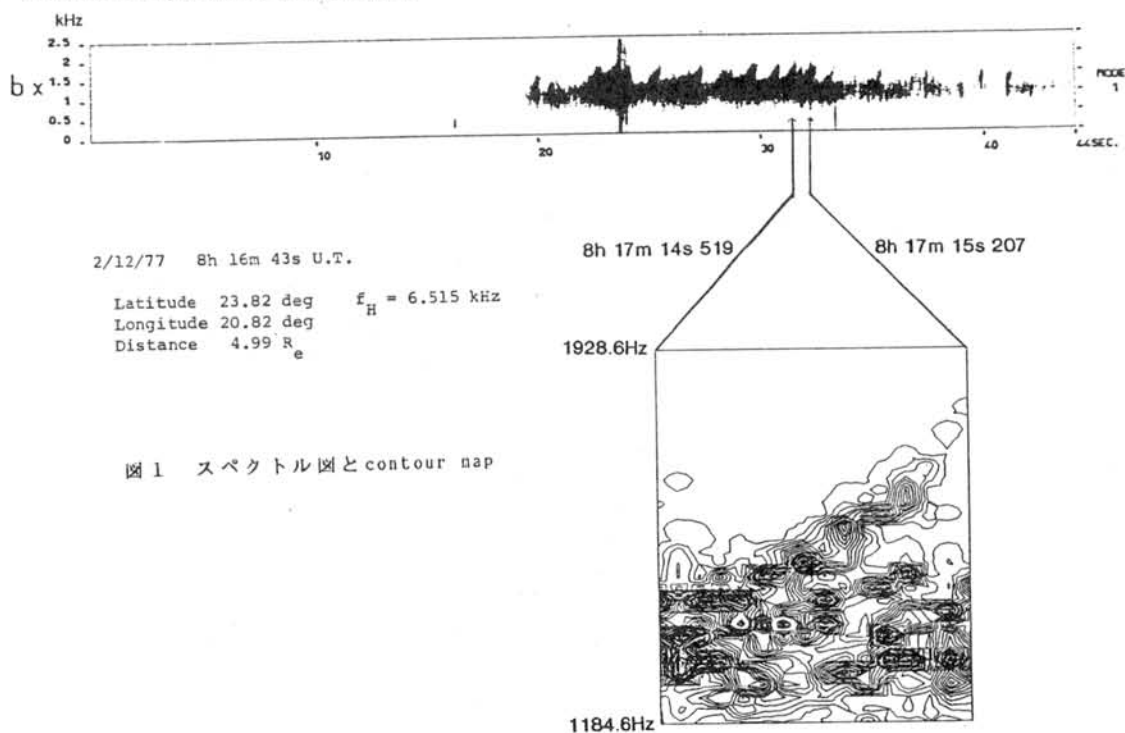


図1 スペクトル図とcontour map

極域電離層によるオメガ電波強度のマッピング

長野 勇* 北岸陽一* 八木谷 聡* 山岸久雄**

*金沢大工 **極地研

オメガ電波 (10.2, 11.3, 13.6 kHz) が衛星やバルーンによって観測される機会が多くなっているが、地上のオメガ局アンテナから不均質な電離層の存在のもとで、任意な高度、場所での強度の理論的な予測は困難であった。しかし、いま、電離層を水平層状とし、場所によって一定とすれば、この問題を数値的に解くことは可能である [1]。この近似のもとでの実際の適用範囲の距離限界は、水平距離で 1000 km 以内と考えられ、十分に実用になる。

筆者らが以前開発した、full wave 法 [2] を文献 [1] の手法を適用して、計算ソフトの開発を行なった。本報告では、静穏時及び擾乱時の極域電離層モデルにより (図 1) Norway の Andoya 局 (放射電力 10 kW, 10.2 kHz) を想定し、オメガ電波の電離層下部及び電離層中の東西、南北 700 km にわたる強度マッピングを計算した。これは従来の hop 法による電離層上部のマッピング及び導波管理論における free space 中の強度の計算より、実際に近いものと考えられる。電離層下部 (図 2) でのオメガ強度は、両電離層モデルで大きな差はないが、電離層上部 (図 3a, b) では、擾乱時 (図 3b) の強度は、静穏時 (図 3a) に比して 30 dB 以上の減衰がある。また、講演時には、1980-1982 年にスウェーデンとノルウェー間で、バルーンにより行なわれた、オメガ波の測定強度 [3] と本計算法との比較を行なう予定である。

謝辞 この計算法に関して、名大空電研早川正士氏から有益な助言を頂いた、ここにお礼を申し上げます

参考文献

- [1] D. Nunn: "Transmission of ELF pulses to the GEOS satellite", Technical report, 1975
- [2] I. Nagano et al.: "Numerical Calculation of Electromagnetic Waves in an Anisotropic Multilayered Medium", Radio Sci., 10, 6, 611-617, 1975
- [3] H. Yamagishi et al.: "Balloon measurement of omega signal wave fields in the vicinity of omega a station", Summary Rep. on International Balloon Campaign In Sweden and Norway, 1980-1982, S49-S53, 1984

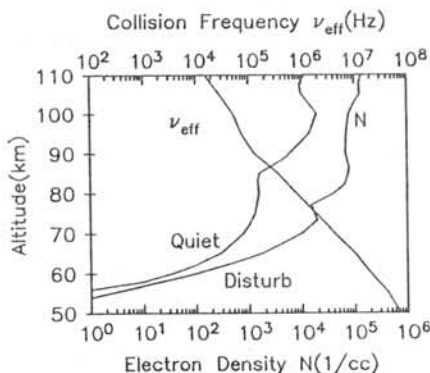
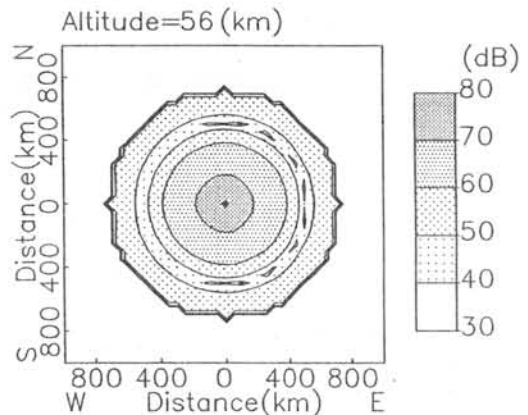
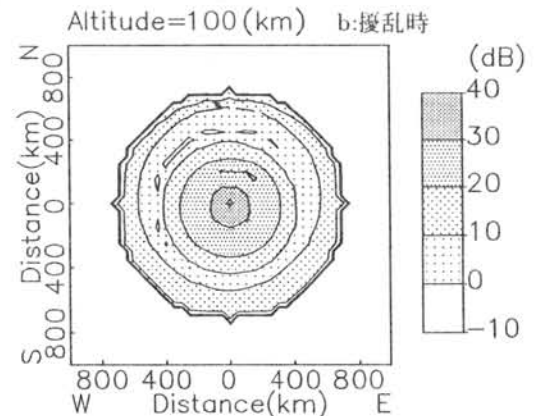
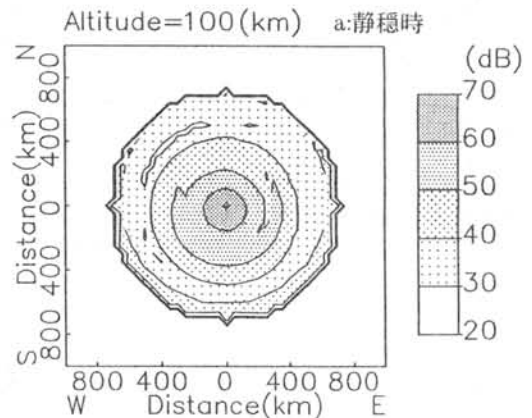


図 1: 電離層モデル (南極ロケット観測による)

図 2: 高度 58 km のオメガ強度 ($Z_0 H$) のマッピング (静穏時)図 3: 高度 100 km のオメガ強度 ($Z_0 H$) のマッピング a: 静穏時 b: 擾乱時

地磁気静穏時のオーロラヒスの特性

恩藤忠典 通信総合研究所

南極昭和基地で1979年6月から1983年1月までの間に受信したISIS-VLF電界データから作成した0.3, 1, 5, 8, 16, 20 kHzの狭帯域強度データ(Radio and Space Data Nos. 13&15)を解析して、地磁気静穏時($K_p=0, 1$)のオーロラヒスの磁気不変緯度-磁気地方時(MLT)に関する分布を求めた。磁気不変緯度60度以上で5, 8, 16, 20 kHz帯の強度が静穏時レベルから5 dB以上増大した場合をオーロラヒスと定義した。

磁気地方時で22-06 MLT, 06-11 MLT, 14-22 MLTの3区間について、オーロラヒスの発生頻度の不変磁気緯度分布を求めた。

その結果オーロラヒスは、22-06 MLTでは72度-79度間に、14-22 MLTでは73度-78度間によく発生することが判明した。恩藤(1988)が求めた平均的な地磁気活動度に関するの広帯域オーロラヒスの発生率0.3の低緯度境界は10 MLT側で73度、22 MLT側で68度であった。又高緯度境界は全 MLTで82度であった。この結果と今回の静穏時の結果とを比較すると、静穏時の場合の方が低緯度境界が昼側でも夜側でも高緯度側へ寄り、高緯度境界が82度から79度へ下がっている。又静穏時でも低緯度境界は、夜側(72度)の方が昼側(75度)より低緯度側にある。各 MLT 区間の全発生数は22-06 MLT 区間が最も多く、14-22 MLT 区間が最も少ない。詳細については、シンポジウムで発表する。

Wave-induced Burst Precipitation Events Detected with a Digital IonosondeF.T. Berkey¹, M.J. Jarvis², D.L. Carpenter³, A.J. Smith²¹ Center for Atmospheric and Space Sciences, Utah State University, Logan, UT 84322-4405² British Antarctic Survey, High Cross, Madingley Road, Cambridge CB3 0ET, United Kingdom³ STAR Laboratory, Stanford University, Stanford, CA 94305

Abstract: In general, the ionospheric signature of wave-induced electron precipitation is seldom observed and of a very transitory nature. The normal plasma environment in the E and F-regions of the ionosphere is frequently chaotic, especially at high latitude in winter, which complicates the identification of short-lived phenomena. In this paper, some preliminary results are presented from two methods whereby burst precipitation events in the lower ionosphere, almost certainly induced by VLF wave-particle interactions in the magnetosphere, have been detected using a ground-based digital ionosonde. These results have been obtained using NOAA digital HF sounding radars deployed at Siple (76°S, 84°W) and Halley (76°S, 27°W) stations in the Antarctic. In the first method, HF echoes are received at frequencies above the critical frequency of the surrounding plasma; particle energies and the location and extent of the plasma enhancement may be deduced. In the second method, a rapid decrease in the phase of ionospherically reflected echoes is observed due to refractive index changes along the echo path; particle energies, the duration of the precipitation event and the precipitation energy flux can be estimated. Data were obtained for the first method coincidentally with naturally occurring whistler waves, while both natural VLF waves and man-made signals from the Stanford University VLF transmitter at Siple were present during the second event presented.

This paper will also review earlier evidence for wave-induced precipitation events and discuss new results obtained using VLF transmissions from the Soviet ACTIVE satellite. Plans for a new international wave injection facility in the Antarctic will also be discussed.

Takashi KIKUCHI¹ and Hisao YAMAGISHI²

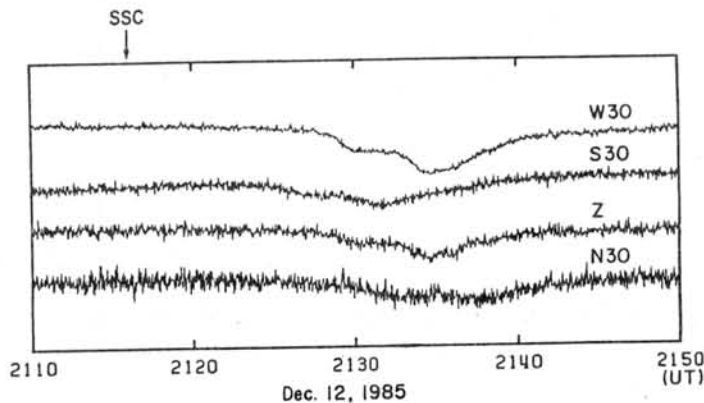
¹ Hiraiso Solar Terrestrial Research Center
Communications Research Laboratory
3601 Isozaki, Nakaminato 311-12

² National Institute of Polar Research
Itabashi, Tokyo 173

We reported that the cosmic noise absorption (CNA) associated with the storm sudden commencement (SSC) had a spatial structure with a characteristic scale of tens of kilometer as observed with the scanning beam riometer at Syowa station (Kikuchi and Yamagishi, 1989, Memoir of NIPR in press). It was also shown that the absorption region drifted equatorward with a speed of 500 m/s in the midnight sector. Detailed analyses have been made in several other SSC-associated CNA (SCA) events by comparing with magnetogram, CNA detected with a broad beam riometer and VLF phase anomalies observed on the northern hemisphere auroral zone paths.

An SSC occurred at 2116UT on December 12, 1985. Figure 1 shows an SCA observed with four fixed direction beam riometers at Syowa station. The SCA started at 2125UT on the beam pointing to the south (poleward) 30 deg in zenith angle. The onset of SCA on the south beam exactly coincided with the onset detected by the broad beam riometer. It is noted that the onset of SCA was delayed from the onset of SSC by 9 min. The absorption then occurred on the beams pointing to the zenith and north with time delays of several minutes. There is no time difference between the zenith and west beams. From time differences between four beams, we deduce that the SCA drifted slowly equatorward at a speed of 290 m/s. This slow drift of absorption caused the time difference of 9 min between the SSC and SCA. No occurrence of SCA at the time of SSC onset suggests that precipitation of energetic electrons associated with the SSC occurred in a localized region in the magnetosphere. This conclusion agrees with the fact that the SCA on November 3, 1986 (Kikuchi and Yamagishi, 1989) had a sharp poleward boundary with a scale of tens of kilometer. The precipitation region then drifted toward the earth, resulting in the equatorward drift of SCA.

Fig. 1 Cosmic noise absorptions detected with the fixed direction beam riometers at the time of the storm sudden commencement on December 12, 1985.



C N A 静穏時曲線の決定について

荒木 喬(弘前大), 佐藤夏雄(極地研)

1) はじめに

CNA(Cosmic noise absorption)は銀河宇宙から放射されている電波雑音が、電離層により吸収されることを利用して、下部電離層の状態を知る重要な観測手段となっている。しかし極域でのCNAのデータは随時変化しておりベースラインが定まらず多くの研究者は比較的短時間の現象の相対変化量に注目して議論することが多い。もしCNAの静穏時曲線(Quiet day curve:QDC)が決定され、注目する現象の吸収量がそのQDCからの差として決定出来るならば、下部電離層(D, E層)の電子密度上昇を引き起こす高エネルギー粒子の入射状況をより定量的に知ることが可能になると思われる。

今回は1984年8月から約1年間にわたり ICELAND Tjörnesで観測したCNAデータによるQDCの決定結果について報告する。

2) データ処理

QDCの決定方法としてはMaryland大学のグループが開発したIPM(Inflexion point method)を使って行ったこれはCNAデータの各、時間間隔(BIN;例えば30分)ごとの強度分布を出し、それから負の最大勾配の点を算出し、その点を結んだ曲線をQDCと決める方法である。

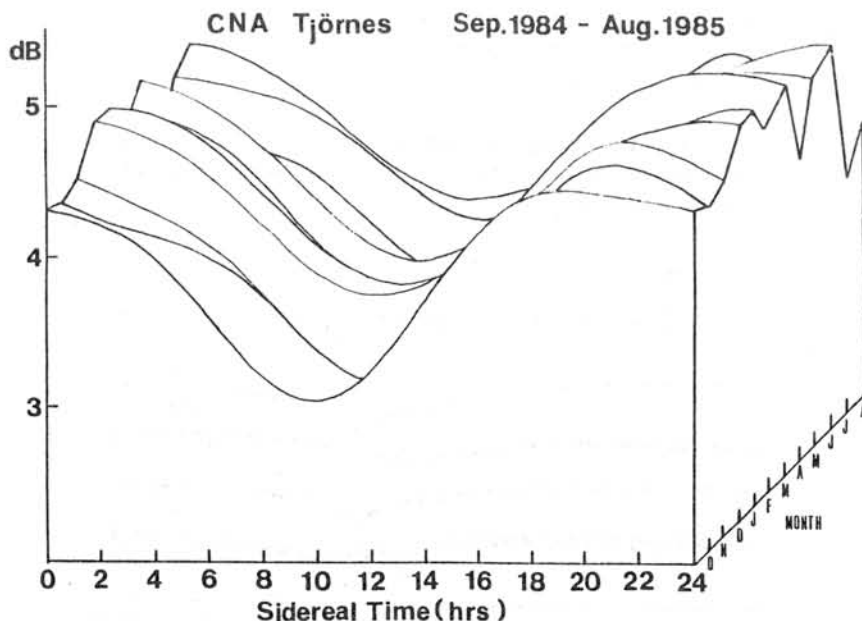
具体的なCNAデータの処理方法としては、まずICELAND DATAのうちCNAのデータだけ1年分を編集して1巻の磁気テープに格納する。次に時刻を恒星時に変換して1ヶ月ごとの重ね打ちを行う。さらに30分ごとのBINSに分けてその強度分布を出し最後にIPMにてQDCの決定を行う。

3) 解析結果

下図に1年間にわたるQDCの3次元的な日変化を示した。図から昼間に強度が最小になり、季節的には夏に強度が小さくなっていることがわかる。この結果とMaryland大学のグループが行った南極SIPLE基地のデータとを比較すると日変化はほぼ同じであるが、季節変化は逆であり、SIPLE基地では冬に強度が減少しているようである。この相異点については数年間にわたる解析を行いさらに詳細な検討を行う必要があるが、当面の目的であったQDCの決定を行うことができた。今後はこのQDCからの差としてのCNAの解析を行い、オーロラ粒子による吸収との対応について調べてみるつもりである。

(参考文献)

- (1) Krishnaswamy, S., and D.L. Detrick
Technical Note BN-1008, July 1983, 50pp.
Institute for Physical Science and Technology
University of Maryland, College Park, Maryland
20742, U.S.A
- (2) Armstrong, R.J., F.T. Berkey, and T. Melbye
The day to night absorption ratio in
auroral zone riometer measurements,
Planet. Space Sci., 25, 1193-1198, 1977.



GPS 2周波相関方式電離圏遅延測定装置の時刻比較

への適用並びに中低緯度電離層全電子数測定結果

今江理人^{*1}、近藤哲朗^{*1}、雨谷純^{*1}、金子明弘^{*1}、山本淳^{*2}^{*1} 郵政省通信総合研究所、^{*2} 電気通信大学

1. まえがき

通信総合研究所(CRL)ではGPS衛星から2周波(1575MHz及び1227MHz)で送信されているP code信号を利用した電離圏全電子数測定装置[1]の開発を行い、GPS衛星利用時刻比較や精密測位への応用を開始している。同装置は現在、バリ近郊国際度量衡局(BIPM)、CRL小金井本所で連続稼働中であり、原子時の国際比較の高精度化に貢献している。また、当所では商用化プロトタイプ機を利用した国内での受信実験を進めている。今回、開発された受信装置を父島等に設置し低中緯度における電離層全電子数観測実験を行った。本報告では、これらの結果に付いて報告する。

2. 国際精密時刻比較への応用

図1に、商用一周波GPS時刻比較受信機を用いた通総研小金井本所とパリ天文台との間の原子時の時刻比較UTC(OP)-UTC(CRL)に両局のGTR-2の測定結果を適用した結果を示す。同図から実測値で電離層遅延を補正することにより時刻比較精度が向上していることが判る。

3. 父島-鹿島間同時観測

CRL鹿島宇宙通信センターでは、測地VLBI装置の小型化を目的とし、通常の2周波(S及びXバンド)観測の代わりにGTR-2を用いて電離層遅延補正を行うことによりVLBI観測単一周波数化の検討を進めている。今回、建設省国土地理院による父島に運搬された小型可搬局とCRL鹿島局間のVLBI実験と並行してGTR-2を両局に設置し、VLBI観測との同時観測を実施した。本観測は1989年11月下旬から12月上旬にかけて行われ、その観測結果を図2、3に示す。これらは、GPS衛星視線方向電離層全電子数測定結果を天頂方向に換算したものを表している。

本測定結果をVLBI観測に適用するためには、GPS衛星視線方向の全電子数測定結果をVLBI観測電波星方向に換算する必要がある。そのため、GTR-2観測結果から全電子数分布の推定の開発が進められており、その結果の一部については、本講演会別項[2]で紹介される。

3. おわりに

GTR-2は、比較的簡易に電離層全電子数を測定できることから、種々の応用分野が考

られている。又、現在当所では、その測定精度をさらに向上することを目的とした研究を進めている。

謝辞 父島実験に際して御協力頂いた、建設省国土地理院測地部並びに日本通信機関の関係者各位に感謝する。

参考文献

- [1] 今江 他、"GPS 2周波相関方式電離層遅延測定装置の開発と受信結果"、第12回本講演会要旨、1989年1月
[2] 近藤 他、"GPS衛星を利用しての日本近辺の電離層観測"、本講演会要旨、1990年1月

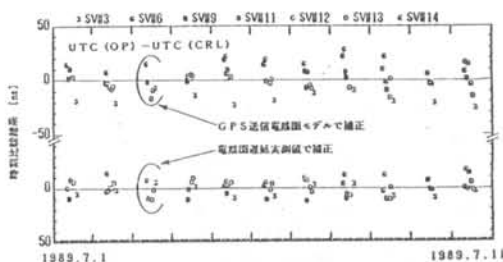


図1 原子時の国際時刻比較への適用結果

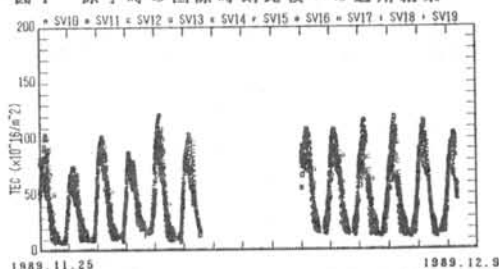


図2 鹿島における電離層全電子数測定結果

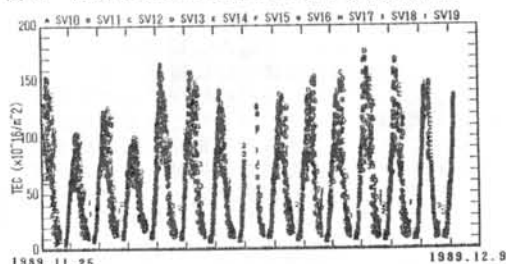


図3 父島における電離層全電子数測定結果

GPS衛星を利用しての 日本近辺の電離層観測

近藤哲朗、今江理人、雨谷純、金子明弘
(通信総合研究所鹿島)

1. はじめに

通信総合研究所で開発されたGPS衛星利用全電子数測定装置(GTR-2) [1] は視線方向の電離層全電子数を $2 \times 10^{16} \text{ m}^{-2}$ の精度で4分毎に測定できる装置である。現在、利用可能なGPS衛星の数は10であり、観測時間帯にもよるが1地点から3~5衛星が同時に見える。この複数の方向の全電子数データから水平方向にある程度広がった領域での天頂方向に換算した全電子数(VTEC)分布の推定が可能であり、さらに多地点で観測することにより、より広範囲でのVTEC分布の推定が可能となる。今回、父島(27.1N, 142.2E)と鹿島(36.0N, 140.7E)においてGTR-2の同時観測を実施する機会を得たのでその結果を報告する。

2. 観測

1989年11月25日から12月9日にかけて建設省国土地理院父島局と鹿島間で測地VLBI実験を実施したが、その時に2周波VLBIで得られる全電子数データとGTR-2で得られる全電子数データを比較するため両局においてGTR-2の同時観測も実施した。図1にGTR-2で取得したデータ例(11月29日)を示すが、電離層の平均高度を300 kmとして伝播路長の仰角依存性を補正しVTECに換算している。衛星間のバラツキが見られるがVTECの場所(緯度、経度)による違いが反映されているためである。

3. 日本近辺のVTEC分布推定

図1のデータから7h UTにおける父島および鹿島近辺でのVTEC分布を調べた結果を図2に示す。この図は次のような方法で作成した。(1) 父島および鹿島からGPS衛星を見たときの電離層(300 km高度)通過点の地上投影点を求める(×および●で表示)。(2) その点でのVTECを図1より読み取る。(3) 各点でのVTECが矛盾しないようにコンターを引く。今回(3)については目で見て強引にコンターを引いたが、現在、(1)における電離層高度の仮定へのフィードバックも含めて計算機で行うためのモデルを開発中である。

4. おわりに

GPS衛星を用いての電離層観測の利点は複数の方向の電離層をほぼ同時に観測できることである。したがって1地点の観測でも比較的広範囲の電離層のモニターが可能となる。観測点を増やすことによりさらに広範囲の電離層モニターが可能となり、新聞などに見られる天気図のように全電子数分布図を作成することも可能となるであろう。最後に今回の実験に協力していただいた建設省国土地理院地部および日本通信機(株)の関係者の皆様に感謝します。

参考文献

[1] 三木他, "電離層遅延補正用GPS 2周波受信機", 昭和62年度[経緯度研]GPS研究会集録, 1988.

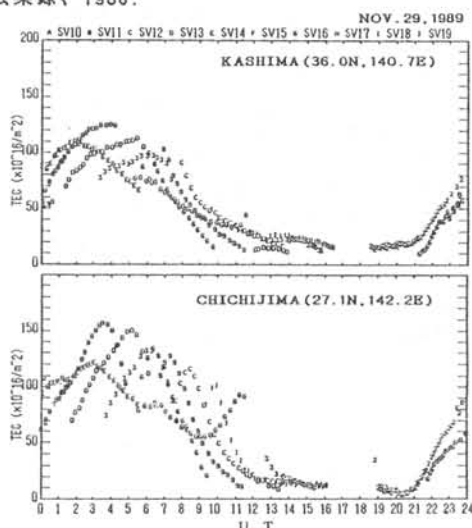


図1. 天頂方向に換算した全電子数観測例。

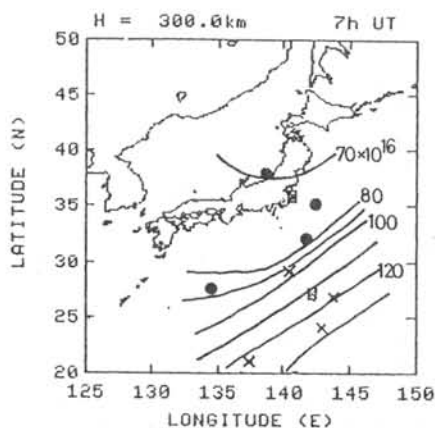


図2. 日本近辺の全電子数分布推定結果(1989年11月29日7時UT)。●および×は鹿島および父島からGPSを見たときの300 km高度の電離層通過点を示す。

Tweeksによる電離層擾乱観測と測定誤差

森泉 美穂子¹ 島倉 信¹ 早川 正士²¹ 千葉大学工学部, ² 名古屋大学空電研究所

下部電離層擾乱に伴いVLF局電波の強度や位相が変動する事はよく知られた事実であるが、伝ばん路が限られるため、下部電離層の広域的な観測は難しい。これに対し、空電は世界各地で常時発生しており、雷放電の精度のよい位置決定とtweeksの遮断周波数の測定が可能ならば、領域を限った下部電離層擾乱の観測には有効である。Vedemskii (1988)らは地磁気擾乱日と静穏日ではtweeksの遮断周波数が異なることを指摘し、大規模電離層擾乱観測のためのtweeksの観測網を提案している。現在、tweeksを用いた高精度の下部電離層高度および空電発生地点を求める方法を開発中であるが、その原理、および下部電離層擾乱観測の可能性について報告する。

この方法は、tweeksと擬似空電のビート周波数を0とするような擬似空電のパラメータ t_0 (発生時刻)、 d (伝ばん距離) および f_c (1次モードの遮断周波数) を推定するものである。いま、平面大地・電離層導波管を仮定すれば、空電および空電信号は式(1)および(2)で与えられる。

$$P(t) = \cos\{2\pi f_c \sqrt{(t-t_0)^2 - (d/c)^2}\} \quad (1)$$

$$x(t) = \sum_k a_k(t) \cos\{\phi_k(t)\} \quad (2)$$

ただし、 $\phi_k(t) = 2\pi f_c \sqrt{(t-t_{0k})^2 - (d/c)^2}$ 、 c は光速である。また、電離層高度 h は遮断周波数 f_c を用いて、

$$h = c / \{2f_c\} \quad (3)$$

いま、各時刻における空電の瞬時周波数の測定誤差を δf とすると、電離層高度および伝ばん距離の測定誤差 δh および δd はそれぞれ式(4)および(5)で与えられる。ただし、 f は瞬時周波数である。

$$\delta h = \delta f \cdot c \cdot f_c / f \quad (4)$$

$$\delta d = \delta f \cdot d \cdot f_c^2 / \{(f^2 - f_c^2)\} \quad (5)$$

上に述べた計測方法に基づいて、鹿児島および佐久島で観測されたホイッスラの先行空電を解析するとFig. 1に示すような結果が得られる。ホイッスラの先行空電の発生位置であるA点は、ホイッスラの電離層透過点とほぼ磁気共役点にあり、この付近には厚い雲の存在が、また同一地点に複数の先行空電が確認されることから妥当な結果が得られたとい

える。また $f_c = 1.7 \text{ kHz}$ 、 $d = 6000 \text{ km}$ 、空電の瞬時周波数 2.5 kHz における中心周波数の測定誤差を 20 Hz とすると、式(4)および(5)より、電離層高度および伝ばん距離の測定誤差は $\delta h \leq 70 \text{ m}$ 、 $\delta d \leq 40 \text{ km}$ をえる。各時刻の瞬時周波数の平均2乗誤差は、 $10 \sim 20 \text{ Hz}$ 程度であることから、広い領域にわたって、数100 m以上で変動する電離層下部の観測には十分な精度といえる。

上に述べた方法は、間接的に遮断周波数を測定するもので、遮断周波数近傍での減衰が大きな昼間の空電によっても電離層高度の測定が可能である。現在、様々な方面への応用について検討を進めているが、1989年8月、アイスランドで実施したVLF電磁場3成分の観測データのなかにも多くの空電が含まれている。それらの空電の中には、地中海その他の低緯度帯から伝ばんしたものが多いと思われるが、極域を伝ばん路とするものも多く含まれていると考えられる。今後、極域におけるtweeksによる下部電離層擾乱観測の可能性について検討してみたい。

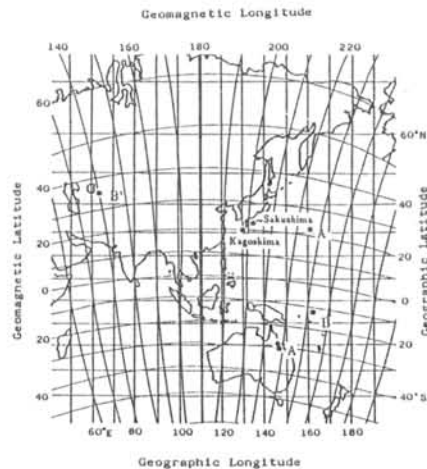


Fig. 1 2点同時観測データより求められた空電の発生位置。Aはホイッスラの先行空電の発生位置、A'はホイッスラの電離層透過点を、B' (B)はホイッスラを伴わない空電の発生位置を表している。伝ばん路の平均的電離層高度を求めると、Aに対しては $\sim 88 \text{ km}$ 、B'に対しては $\sim 91 \text{ km}$ を得る。

